Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S.A.

Alberto Rolando Mérida Cano

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S.A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALBERTO ROLANDO MÉRIDA CANO
ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 4 de noviembre de 2013.

Alberto Rolando Mérida Cano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 25 de octubre de 2016.
REF.EPS.DOC.750.10.16.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Alberto Rolando Mérida Cano,** Carné No. **200130045** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S.A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO,** solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SACdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 25 de octubre de 2016.
REF.EPS.D.465.10.16

Ingeniero
Juan José Peralta
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Peralta:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S.A.,** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Alberto Rolando Mérida Cano** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CCdP/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.186.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S. A.,** presentado por el estudiante universitario **Alberto Rolando Mérida Cano,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.107.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S. A.,** presentado por el estudiante universitario **Alberto Rolando Mérida Cano,** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, agosto de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 347.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Alberto Rolando Mérida Cano** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, agosto de 2017

/gdech

AGRADECIMIENTOS A

Dios	Por sus grandes bendiciones y permitirme lograr este momento en mi vida.
Mis padres	Marco Tulio Mérida Tello y Estela Cano Morales de Mérida. Por su amor y apoyo incondicional en toda mi vida.
Mi esposa	Diana Barrera. Por estar siempre a mi lado y ser una importante influencia en mi carrera.
Mis hermanos	Marvin, Vinicio y Pablo, porque juntos nos apoyamos en todo momento.
Mis abuelos	Su amor será siempre mi inspiración.
Mis tíos y primos	Por su cariño. Especialmente a la ingeniera Telma Cano Morales por todo su apoyo.

ACTO QUE DEDICO A

Dios	Por ser el centro de mi vida.
Mis padres	Marco Tulio Mérida Tello y Estela Cano Morales de Mérida. Porque gracias a ellos tengo este logro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
I	Corriente
ø	Factor de potencia
˚C	Grados Celsius
g	Gramos
Hz	Hercio
J/s	Jules por segundo
Kg	Kilogramos
kW	Kilovatio
kW/h-mes	Kilovatio por hora por mes
lm/W	Lúmenes por vatio
m	Metro
HP	Potencia expresada en caballos fuerza
W	Potencia expresada en vatios
$/kW-h	Precio de energía eléctrica expresada en dólares por kilovatio por hora
TM/día	Toneladas al día
W/h	Vatio por hora
V	Voltaje

GLOSARIO

Análisis Foda	Análisis situacional de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
Biorentadas	Con dos direcciones.
Customer	Cliente.
Diagrama de Pareto	Diagrama para priorizar el 80/20 de las variables.
Diagrama porqué – porqué	Diagrama para definir causa raíz y las contramedidas.
DMAIC	Modelo Seis Sigma para definir, medir, analizar, mejorar y controlar.
DPMO	Defectos por millón de oportunidades.
DPU	Defectos por unidad.
FDA (Food and Drugs Administration)	Administración de alimentos y drogas.
HID (High Intensity Discharge)	Lámparas de descarga de alta intensidad.

Input	Entradas.
Inyección	Proceso de inyectar cierta materia a un molde sin presión de aire.
Metodología cinco "S"	Modelo de control de calidad para separar, clasificar, mantener, organizar y eliminar.
Microsoft Excel	Software para hoja de cálculo.
Monofuncional	Que consta de una sola función.
Multistock	Departamento de múltiple inventario.
O	Oportunidad de defecto.
Olmeca S. A.	Nombre de la empresa donde se realizó este trabajo.
Output	Salidas.
PET	Tereftalato de polietileno.
Preforma	Nombre del prototipo de polímero que es materia prima para crear el envase plástico.
Process	Procesos.
Resina	Materia prima del plástico.

Seis Sigma	Estrategia de mejora continua que busca identificar las causas de los errores con enfoque al cliente.
SIPOC	Modelo para proveedor, entradas, procesos, salidas y clientes.
Soplado	Proceso de soplar hacia unos moldes para dar forma a una materia.
Strech Film	Fleje.
Supplier	Proveedor.

RESUMEN

Este trabajo buscó incrementar la productividad en el proceso de fabricación de envase plástico PET, reduciendo entre otras variables, el volumen de desperdicio y producto no conforme durante el proceso de fabricación de envase plástico. Se utilizaron herramientas estadísticas, como histogramas, gráficos de control, diagramas de flujo de procesos, Pareto, causa y efecto, entre otras. Se logró establecer parámetros de operación que garanticen el control de calidad y la eficiencia de los procesos proponiendo mejoras y optimizando los recursos para aumentar la productividad. Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron herramientas de control de procesos que permitieron determinar las causas principales de las fallas en cada proceso y establecer, en base a estos datos, las posibles mejoras por implementar. De ello, se determina una propuesta de mejora por medio del modelo de Seis Sigma implementando sus cinco fases de mejora continua: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Se definió el problema principal y las variables críticas para los procesos de inyección de preforma y soplado de envase. Se implementaron mejoras con las cuales se logró alcanzar los objetivos propuestos incrementando 0,30 puntos en nivel sigma para el departamento de fabricación de envases plástico e incrementando un índice de productividad total de 3,71 en mayo. Por último, se mantiene un control sobre los procesos para garantizar constantemente una alta productividad que genere utilidades a la organización de Olmeca S.A.

OBJETIVOS

General

Incrementar la productividad por medio de la metodología Seis Sigma en el proceso de fabricación de envase plástico PET para la empresa Olmeca S.A.

Específicos

1. Determinar las actividades críticas del proceso que tienen un impacto directo en la merma de la productividad del mismo.

2. Establecer cambios en el proceso que reduzcan la cantidad de unidades defectuosas utilizando la metodología Seis Sigma.

3. Proponer la implementación procedimientos operativos que estandaricen procesos críticos durante la fabricación del envase.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, la competitividad es una cualidad necesaria para la supervivencia de una organización a nivel regional, nacional o internacional, en donde ha sido preciso recorrer un largo camino en la calidad, la innovación y la mejora continua de los procesos para lograr que las organizaciones puedan crecer y mantenerse a niveles de competitividad aceptables dentro de los diferentes sectores comerciales y de servicios. Cualquier empresa, ya sea implícita o explícitamente, debe disponer de sistemas que le permitan la detección e implementación de mejoras, a través de la correcta elección de metodologías, donde los índices de productividad sean más rentables para la empresa.

En este proyecto se desarrolla para la empresa Olmeca S.A. uno de los modelos de mejora continua como es el Seis Sigma, en el cual a través de las cinco fases del modelo (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), se pretende incrementar su productividad, específicamente en el departamento de fabricación de envases plásticos, estableciendo modelos, métodos y herramientas indispensables para el logro de los resultados deseados. Entre ellos, la optimización de sus recursos financieros, humanos, materiales, así como la eficiencia en la entrega de sus productos con calidad.

Así se garantiza la reducción en sus costos de producción, aumento en la capacidad de producción por medio de la reducción de productos no conformes y se logra el principal objetivo: “incremento en la productividad”. También se desarrolla un plan de ahorro energético para contribuir en las utilidades de la empresa Olmeca S.A.

1. GENERALIDADES DE OLMECA S.A.

1.1. Reseña histórica

Olmeca S.A., una de las grandes empresas nacionales, brinda la oportunidad de implementar este proyecto profesional como parte de su responsabilidad social empresarial. A continuación se desarrolla su reseña histórica dentro de la cual se conocerá su historia, cómo se originó esta industria, su logotipo, localización, así como un plano de su ubicación, también su visión, misión, principios éticos y su estructura organizacional, que son la base fundamental de su planeación estratégica.

1.1.1. Historia

En 1971 se funda Olmeca S.A. dedicada a la producción y comercialización de aceites, margarinas y grasas industriales especializadas, actualmente se tiene capacidad de producir 500 TM/día. Sus marcas se ubican en el mercado como: aceite Olmeca, Olmeca Light y Margarina Cremy, entre otras. En esta empresa se producen grasas de exportación utilizadas en la industria de panificación, en la producción de frituras, y diversas clases de alimentos. En la actualidad, se cuenta con una refinería de 450 toneladas métricas diarias de producción, se elabora una gran variedad de productos de uso doméstico e industrial derivados del aceite de palma.

Compite en el mercado mundial de grasas y aceites; integrada desde el semillero de palma de aceite hasta el producto ya terminado. Olmeca S.A.

atiende al mercado guatemalteco, y a países como: El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, México, Belice y El Caribe.

Figura 1. **Logotipo de Olmeca S.A.**

Fuente: Olmeca S.A. http://www.olmeca.net/nosotros.html#topot. Consulta: 4 de mayo de 2014.

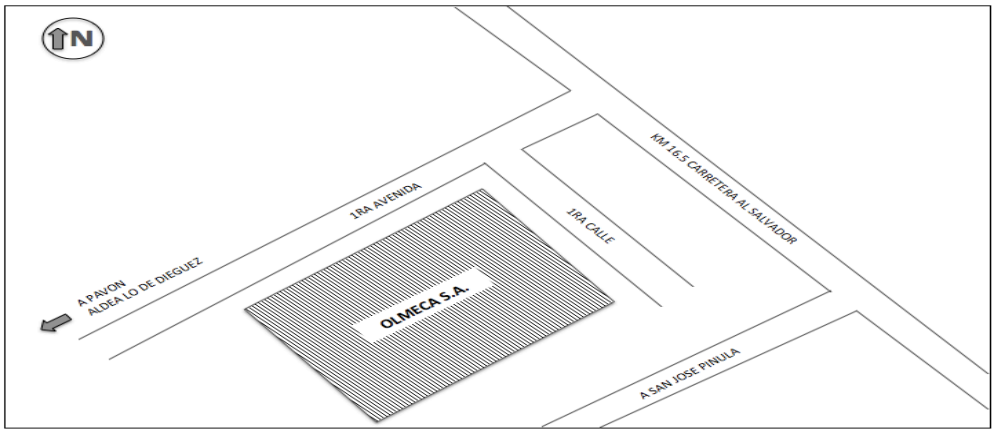
1.1.2. Localización

La planta industrial de Olmeca S.A. se encuentra localizada en el Km. 16,5 carretera a El Salvador, Fraijanes, Guatemala.

1.1.3. Plano de ubicación

A continuación se presenta un plano de ubicación de la planta industrial en Fraijanes de Olmeca S.A.

Figura 2. **Plano ubicación de Olmeca S.A.**



Fuente: elaboración propia.

1.2. Visión

La visión de Olmeca S.A. se define como: ser una empresa eficiente y reconocida a nivel mundial aprovechando al máximo dicha eficiencia para obtener un lugar importante en mercados extranjeros dedicados a la comercialización o fabricación de grasas y aceites comestibles.

1.3. Misión

La misión de Olmeca S.A. se define como: emplear herramientas y crear procesos altamente tecnológicos para satisfacer las necesidades del mercado de grasas y aceites de consumo alimenticio.

1.4. Principios éticos

Los principios éticos de la empresa son: integridad, lealtad, respeto al ambiente, responsabilidad y trabajo en equipo.

1.5. Estructura organizacional por departamentalización funcional

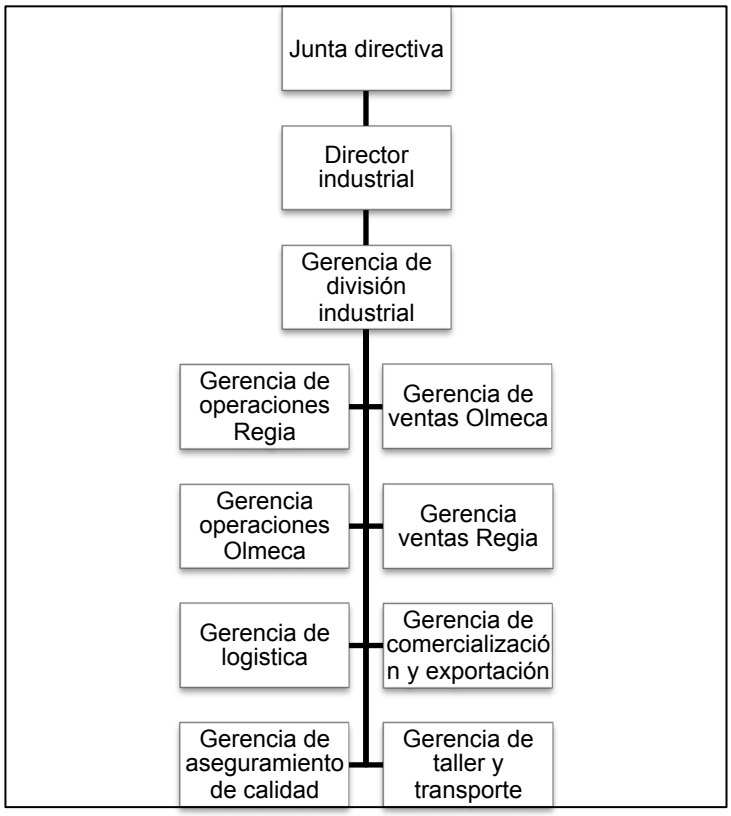
La estructura con la que se organiza Olmeca S.A. a fin de cumplir las metas propuestas y lograr el objetivo deseado se determina como departamentalización, es la más difundida y utilizada ya que representa a la organización estructural. Esta estructura, es la tradicional ya que predomina en la mayor parte de las organizaciones tanto privadas como públicas. Esta estructura consiste, como su nombre lo indica, en crear departamentos dentro de una organización. Esta creación, por lo general, se realiza en las funciones de trabajo desempeñadas, el producto o servicio ofrecido, el

comprador o cliente objetivo, el territorio geográfico cubierto y el proceso utilizado para convertir insumos en productos.

Para el caso de Olmeca S.A. es según las funciones de trabajo desempeñadas, por lo que su estructura organizacional es departamentalización funcional. Una compañía que está organizada funcionalmente, separa el trabajo sobre la base de pasos, procesos o actividades que se llevan a cabo para obtener un determinado resultado final.

A continuación se muestra la estructura organizacional por departamentalización funcional de Olmeca S.A. por medio de un organigrama general, ya que según la forma de su estructura se limita a las unidades de mayor importancia. Se le denomina organigrama general por ser el más común. Es de tipo organigrama general vertical, el cual representa con toda facilidad una pirámide jerárquica, ya que las unidades se desplazan, según su jerarquía, de arriba abajo en una graduación jerárquica descendente.

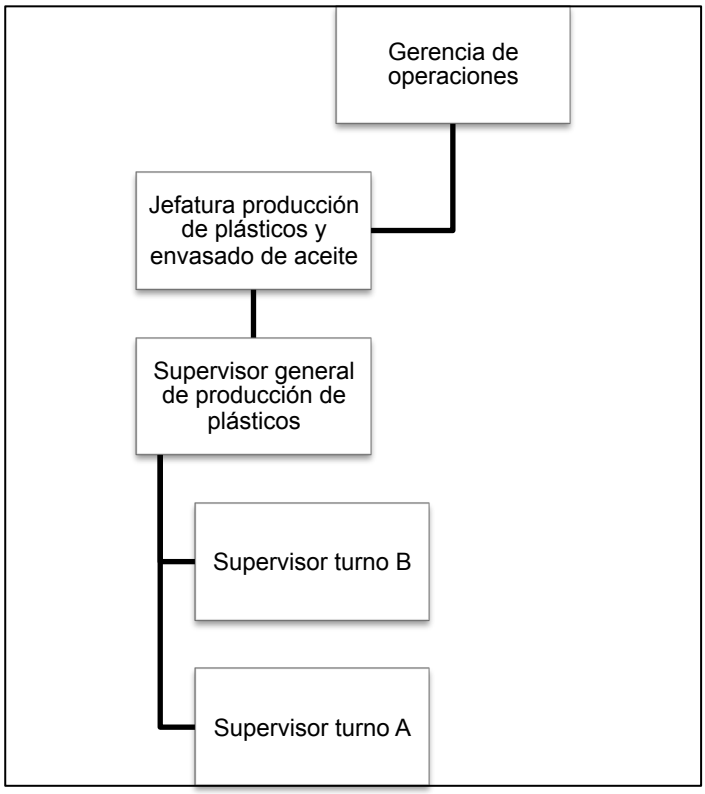
Figura 3. **Estructura organizacional por departamentalización funcional de Olmeca S.A.**



Fuente: organigrama general vertical de Olmeca S.A. Departamento de recursos humanos.

El departamento de fabricación de plásticos, en el que se desarrolla este trabajo de graduación, cuenta con una estructura organizacional monofuncional, ya que se concentra en autoridades de personas o grupo de personas que son los encargados de las decisiones y funcionamiento del departamento de plásticos. A continuación se muestra la estructura organizacional monofuncional del departamento de fabricación de plásticos por medio de un organigrama general vertical.

Figura 4. **Estructura organizacional monofuncional del departamento de fabricación de plásticos**



Fuente: organigrama general vertical de Olmeca S.A. Departamento de recursos humanos.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ENVASE PET PARA LA EMPRESA OLMECA S.A.

A continuación se desarrolla la implementación de una herramienta de mejora de la productividad conocida como Seis Sigma, esta herramienta se aplicará al proceso de fabricación de envase de plástico del tipo PET, este proceso de fabricación se divide en dos subprocesos, la inyección de la preforma y el soplado del envase. Actualmente, se ha observado un descenso en los resultados de productividad en la fabricación de este tipo de envase en la empresa Olmeca S.A, es por esto que se propone esta metodología para revertir los resultados actuales y hacer más rentable este proceso para la empresa.

2.1. Diagnóstico de los procesos

En el departamento de plásticos de Olmeca S.A. se lleva a cabo la fabricación de envases que posteriormente son llenados con aceite vegetal, producto líder que esta empresa comercializa. El tipo de proceso que se lleva a cabo actualmente es por lotes de producción donde, según la programación realizada semanalmente, se distribuyen los lotes en cada una de las máquinas inyectoras y sopladoras del envase, y con esto llegar a cumplir con la demanda de envases para el siguiente proceso, el envasado de aceite vegetal.

Para determinar el diagnóstico de los procesos actuales del departamento de plásticos se realizaron conversaciones con los profesionales de las áreas operativas y administrativas por medio de entrevistas no estructuradas, con las

que, además de adquirir información acerca de los procesos, se analizó la importancia de alcanzar los objetivos de este trabajo de investigación y las contribuciones que se alcanzarían con ello. La principal técnica de diagnóstico utilizada fue la entrevista no estructurada o libre, este tipo de entrevista se trabaja con preguntas abiertas, sin un orden preestablecido, adquiriendo características de conversación, esta técnica consiste en realizar preguntas de acuerdo con las respuestas que vayan surgiendo durante la entrevista sin alejarse del tema principal que originó dicho diálogo.

Inicialmente, se entrevistó al jefe de producción para obtener información acerca de la estructura organizacional del departamento de plásticos, las funciones de cada puesto de trabajo, la descripción general de los procesos de fabricación de inyección y soplado y materias primas utilizadas. Posteriormente, se entrevistó al supervisor de producción de turno diurno para obtener información acerca de la mano de obra y las responsabilidades asignadas, la distribución actual de cada una de las maquinarias, y una descripción general del diagrama de flujo de los procesos de inyección y soplado. Luego, se procedió a entrevistar a uno de los operadores de máquina con mayor experiencia quien proporcionó información acerca del funcionamiento general de las máquinas para los procesos de inyección y soplado, la capacidad de producción y el desperdicio que se genera regularmente.

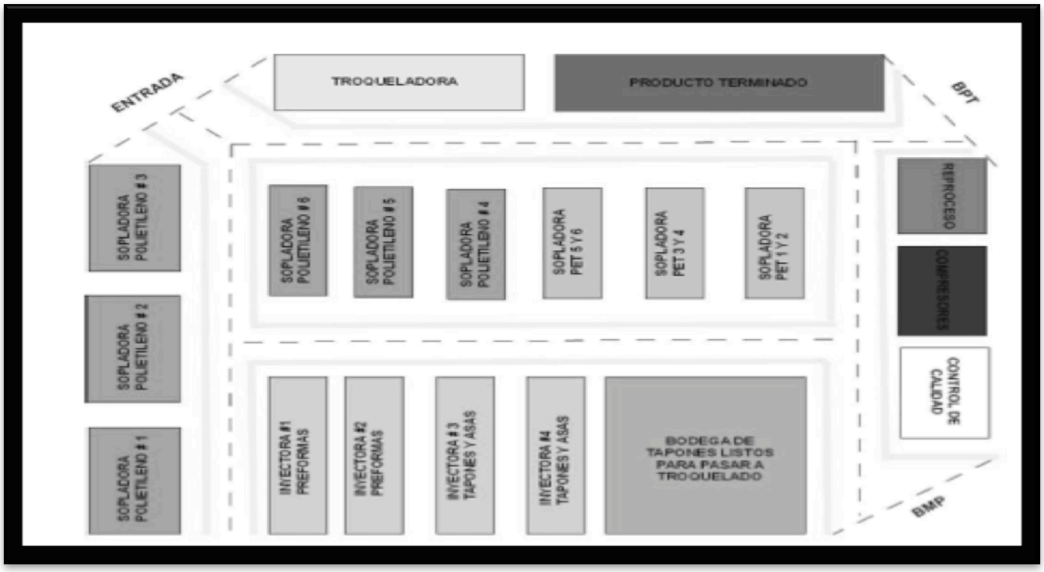
Para adquirir mayor información acerca de los procesos de fabricación para el análisis de situación general del departamento se buscó también la comunicación con el encargado de planificación, encargado de mantenimiento y el inspector de calidad, quienes proporcionaron información acerca de la programación y capacidad de la producción de los procesos de inyección y soplado, el tipo de mantenimiento que se realiza en las máquinas, y lo que se inspecciona como parte de control de calidad en los procesos, respectivamente.

Al recopilar esta información se procedió a documentar. A continuación se presenta el desarrollo de la situación actual de los procesos de fabricación, materia prima, mano de obra, producción, desperdicio, diagramas de procesos y diagrama de causa y efecto que determinará el diagnóstico de los procesos de fabricación de envases plásticos.

2.1.1. Distribución actual

Se presenta la distribución actual de los equipos y áreas del departamento de plásticos de la empresa Olmeca S.A. Se puede observar la línea de inyección, la línea de soplado, y las áreas para procesos indirectos de fabricación como el área de control de calidad y reprocesos.

Figura 5. **Plano de distribución actual**



Fuente: plano de distribución. Departamento de fabricación de plásticos.

2.1.2. Descripción de los procesos

Para describir cada uno de los diferentes procesos que se llevan a cabo en esta área, es necesario hacer mención en primera instancia de la materia prima utilizada para la fabricación del envase, ya que dicho insumo es vital para lograr un producto final de alta calidad y con las características y estándares definidos previamente. Por esto es importante analizar datos técnicos de la misma, así como el nivel del consumo que se tiene actualmente. La importancia de esto radica en que el consumo de esta materia prima es un indicador importante para determinar el aprovechamiento y rendimiento que la misma genera dentro del proceso.

El análisis y distribución de la mano de obra, recurso también necesario en estos procesos, es una factor importante para realizar un análisis posterior sobre el nivel de productividad actual en el departamento; dicha descripción también se agrega a continuación. En ella se incluye los diagramas de flujo de cada uno de los subprocesos que se llevan a cabo en este departamento, la inyección y el soplado del envase.

2.1.2.1. Materia prima

El termino PET, es la forma abreviada de denominar al tereftalato de polietileno, polímero que se caracteriza por su alta resistencia, baja permeabilidad (propiedades de barrera) que protegen la integridad del producto. Tiene una apariencia transparente, capaz de moldearse de diferentes formas y colores, razón por la cual es ampliamente utilizado en la fabricación de bebidas y otros alimentos.

El consumo de materia prima, resina de PET, que se utiliza en los procesos es bastante alto ya que durante la producción, debido a ciertas fallas de máquina y defectos de calidad se genera un reproceso de materia prima, que, a su vez, genera cierto porcentaje de desperdicio, el cual se ha incrementado anualmente, como se observa en la siguiente tabla sobre el consumo de materia prima en 2012 y 2013.

Tabla I. **Consumo de materia prima en 2012 y 2013**

Año	Descripción	Producción (Kg)	Reproceso materia prima (Kg)	Total consumo	Porcentaje desperdicio
2012	Resina PET	372 444,28	6 943,49	379 387,77	1,83 %
2013	Resina PET	265 097,68	10 234,54	275 332,22	3,72 %

Fuente: datos de materia prima 2012-2013. Departamento de fabricación de plásticos.

De la tabla anterior se puede determinar que es importante la intervención de una mejora en los procesos, ya que año con año se tiene mayor pérdida por desperdicio, esto debido a diversas causas de fallas en el proceso, las cuales se analizarán posteriormente.

2.1.2.2. Mano de obra

El departamento de plásticos consta de 37 empleados, de los cuales 7 son administrativos, para el proceso de inyección la mano de obra directa consta de 2 empleados y para el soplado consta de 18 empleados. El resto de personal opera las líneas de producción de envase de polietileno, y en el área de reprocesos.

Tabla II. **Distribución del personal**

No. plazas actual	Mano de obra (D/I)	Puesto	Máquina	Jornada
0	D	Ayudante inyectora preforma	Inyectora tapón	Rotativo
0	D	Ayudante inyectora preforma	Inyectora preforma 2	Rotativo
2	D	Operador soplado PET	Sopladora 3 PET	Rotativo
2	D	Ayudante operador soplado PET	Sopladora 3 PET	Rotativo
1	D	Operador troqueladora	Troqueladora	Rotativo
2	D	Operador 1	Sopladora polietileno 6	Rotativo
2	D	Operador 1	Sopladora polietileno 5	Rotativo
0	D	Operador 1	Sopladora polietileno 4	Rotativo
0	D	Operador 1	Sopladora polietileno 3	Rotativo
2	D	Operador 1	Sopladora polietileno 2	Rotativo
1	D	Operador 1	Sopladora polietileno 1	Rotativo
1	I	Jefe de plásticos	Administración plásticos	Diurno
2	I	Limpieza	Administración plásticos	Diurno
1	I	Supervisor plásticos	Administración plásticos	Rotativo
1	I	Supervisor plásticos	Administración plásticos	Rotativo
2	I	Mecánico plásticos	Administración plásticos	Rotativo
4	D	Operador 1	Sopladora 4 PET	Rotativo
0	D	Operador molino reproceso	Molino 4	Rotativo
1	D	Ayudante de plásticos molino PEHD	Molino 4	Rotativo
1	D	Operador 2	Molino 2	Rotativo
1	D	Operador inyectora preformas	Inyectora preforma 3	Rotativo
1	D	Operador inyectora preformas	Inyectora preforma 1	Rotativo
4	D	Operador soplado PET	Estación soplado PET 2	Rotativo
2	D	Ayudante operador soplado PET	Estación soplado PET 2	Rotativo
2	D	Operador soplado PET	Estación soplado PET 1	Rotativo
2	D	Ayudante operador soplado PET	Estación soplado PET 1	Rotativo
37		**Total de empleados**		

Fuente: distribución de la mano de obra. Departamento de fabricación de plásticos.

Se observa que en el puesto de operador de inyectora de preforma, la misma persona opera tres distintas máquinas inyectoras en cada turno. Esto no le permite llevar sistemas de control respecto de la eficiencia de la máquina, como toma de tiempos, paros de máquina, reporte de mantenimientos, etcétera, ya que sus actividades se concentran en operar las tres máquinas, por lo que se podría considerar otro recurso como la contratación de un ayudante. Al

respecto ya se tiene identificada la plaza vacante para que tome esas tareas de control y se pueda identificar oportunidades de mejora en su operación en el proceso de inyección. En el proceso de soplado se observa que cada máquina consta de, al menos, un ayudante, para lo cual se considerará que este recurso lleve los controles necesarios que permitan medir las eficiencias de la máquina e identificar oportunidades de mejora en la operación del proceso de soplado. A continuación, se describe cada uno de los procesos de inyección y soplado.

2.1.2.3. Proceso de inyección de preforma

La extrusión del plástico para formar la preforma del envase que se va a fabricar, se lleva a cabo por medio de una máquina inyectora, dentro de la cual el plástico en forma de resina granulada es transformado, esto se realiza mediante procesos de cambios de temperatura y presión.

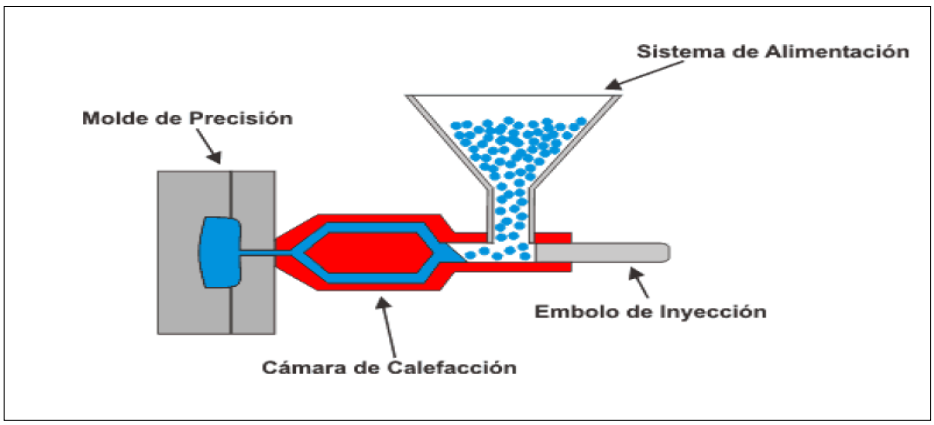
Tabla III. **Descripción del proceso de inyección de preforma**

Materia prima	Producción	Empaque	Almacenamiento
La resina se almacena en sacos de polipropileno de 1 100 Kg.	La resina es succionada por la máquina inyectora hacia un silo de 200 Kg. de capacidad donde es calentada a 175 ºC para eliminar la humedad.	Las preformas son retiradas de la máquina por medio de una banda transportadora hasta una caja, esta tiene capacidad de almacenar 16 000 preformas.	Las cajas debidamente embaladas e identificadas son trasladadas hacia la bodega de preformas mientras son requeridas según el plan de producción de la empresa.
	La resina caliente y seca ingresa por medio de un extrusor a la inyectora a una temperatura de 285 ºC y se plastifica para ingresar al molde.		
Cuando es requerida se traslada por medio de montacargas hacia el área de producción.	El molde utilizado en la inyección de preforma tiene diversas cavidades con la forma establecida de la preforma a producir, esta va desde los 28 hasta los 100 gramos y moldes de hasta 48 cavidades.	Las cajas son selladas con una tapa, aseguradas con plástico y cubiertas con *stretch* film en su parte superior e identificadas con un *sticker* que detalla el gramaje, fecha producción, lote, tipo de resina utilizada, volumen de preformas y aprobación de control de calidad.	
	La resina se inyecta al molde por medio de aire a presión, donde es enfriada rápidamente para producir la preforma plástica.		

Fuente: elaboración propia.

El proceso de inyección de preforma consiste en almacenamiento de materia prima que es la resina de PET, la cual es trasladada al área de producción para su transformación como preforma plástica, y procesada por medio de una máquina inyectora a ciertas temperaturas y presiones sobre un molde. Luego de su transformación se empacan 16 000 unidades en una caja, se entariman, se embalan y se identifican para su transporte al área de almacenaje de producto terminado esperando su traslado al siguiente proceso de soplado, el cual se describirá posteriormente.

Figura 6. **Máquina de inyección**



Fuente: proceso de inyección de polímeros.
http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado. Consulta: 17 de diciembre de 2013.

El procesamiento en la máquina inyectora inicia en el sistema de alimentación donde es colocada la materia prima, la resina de PET. Desde esta tolva la resina es transportada hacia el embolo de inyección el cual empuja la resina caliente hacia la cámara de calefacción, la cual a cierta temperatura es plastificada y luego a través de un sistema de enfriamiento por medio del molde de precisión, la resina queda como preforma plástica.

Figura 7. **Preforma producida en inyección para ser utilizada en soplado**

Fuente: proceso de inyección de polímeros.
http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado. Consulta: 17 de diciembre de 2013.

Los artículos que se fabrican en el proceso de inyección de preforma son de diferentes presentaciones según el volumen y el diámetro de la boquilla de la preforma.

Tabla IV. **Descripción de artículos del proceso de inyección de preforma**

#	Descripción del artículo
1	Preforma PET 100 gramos 38mm
2	Preforma PET 17 gramos 28mm
3	Preforma PET 23 gramos 28mm
4	Preforma PET 37 gramos 28mm
5	Preforma PET 28 gramos 28mm
6	Preforma PET 48 gramos 28mm
7	Preforma PET 58 gramos 28mm
8	Preforma PET 56 gramos 28mm
9	Preforma PET 60 gramos 38mm
10	Preforma PET 28 gramos cuello 63mm
11	Preforma PET 35 gramos 28mm
12	Preforma PET 48 gramos cuello 63mm
13	Preforma PET 60 gramos 38mm KETCHUP
14	Preforma PET 20 gramos 28mm
15	Preforma PET 15 gramos 28mm

Fuente: descripción de artículos del proceso de inyección de preforma. Departamento de fabricación de plásticos.

La producción del proceso de inyección está conformada por tres máquinas inyectoras de preforma cada una con capacidad de fabricar distintas presentaciones, a las cuales se les evalúa el nivel de eficiencia de cada máquina, en base a la relación entre la producción actual o real y la producción estándar o ideal, la fórmula que se utiliza para determinar la eficiencia actual de los procesos es la siguiente:

Eficiencia = (producción actual / producción estándar) x 100

Por lo que el nivel de eficiencia para cada máquina inyectora se presenta en la siguiente tabla que describe la capacidad de producción diaria del proceso de inyección de preforma en el 3er. trimestre de 2013.

Tabla V. **Capacidad de producción diaria del proceso de inyección de preforma**

Máquina	Preforma PET	Unidades por Minuto	Hrs efectivas prom por turno	Producción estándar por turno	Eficiencia
Inyectora 1	20grs. 28mm	24	10	14 400	69 %
	23grs. 28mm	17	10	10 200	79 %
	60grs. Ketchup	15	10	9 000	92 %
Inyectora 2	15grs. 28mm	15	10	9 000	90 %
	17grs. 28mm	21	10	12 600	54 %
	28grs. 63mm	7	10	4 200	66 %
	48grs. 28mm	15	10	9 000	89 %
Inyectora 3	100grs. 38mm	15	10	9 000	49 %
	60grs. 38mm	15	10	9 000	57 %
	35grs. 38mm	26	10	15 600	71 %
	60grs. 38mm Ketchup	15	10	9 000	59 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa que en promedio la máquina inyectora de preforma 1 es la que genera un nivel de eficiencia mayor, esto se puede deber a varios factores, uno de los cuales puede ser que esta máquina es de fabricación más reciente y por ello tiene menos horas de uso. Por lo que se considera analizar e identificar las

oportunidades de mejora para las siguientes dos máquinas inyectoras y con esto mejorar en su nivel de eficiencia, lo que beneficiará al departamento en general. Como referencia, en la siguiente tabla se presenta la capacidad de producción del proceso de inyección de preforma en los últimos dos años.

Tabla VI. **Datos históricos de la producción de preformas en el departamento de plásticos 2012 y 2013**

Presentación	2012		2013	
	Producción (Unid)	Producción (Kg)	Producción (Unid)	Producción (Kg)
Preforma 100grs.	495 074	49 507,40	484 634	48 463,40
Preforma 17grs.	2 188 086	37 197,46	870 962	14 806,35
Preforma 23grs.	1 232 875	28 356,13	3 000	69,00
Preforma 60grs.	1 006 533	60 391,98	888 351	53 301,06
Preforma 35grs.	4 564 132	159 744,62	2 157 423	75 509,81
Preforma 48grs.	187 404	8 995,39	33 600	1 612,80
Preforma 60grs. K	470 855	28 251,30	288 557	17 313,42
Preforma 20grs.	0	0	1 877 589	37 551,78
Preforma 15grs.	0	0	1 098 004	16 470,06
TOTAL	**10 144 959**	**372 444,28**	**7 702 120**	**265 097,68**

Fuente: datos de producción 2012-2013. Departamento de fabricación de plásticos.

Se aprecia que la capacidad de producción de 2012 en comparación con la de 2013, se encuentra en disminución, tomando en cuenta que la demanda ha sido constante de un año con otro, la capacidad no ha sido la esperada, sin embargo, se introdujeron dos nuevas presentaciones de 20 y 15 gramos de preforma. Aun con estos nuevos productos la capacidad de producción fue menor, es conveniente analizar este fenómeno y hacer énfasis en la capacidad de producción de cada equipo y verificar si el rendimiento es el adecuado y así analizar e identificar oportunidades de mejora para incrementar la eficiencia del proceso y reducir las pérdidas.

En lo que se refiere al desperdicio del proceso de inyección de preforma, este indicador mide el porcentaje que representan los productos defectuosos respecto de la producción. Las causas de los defectos se pueden dar por varios

factores, dentro de los que se puede mencionar: mala calidad en la materia prima, fallas en la operación de los equipos, ineficiencia de la mano de obra y falta o ineficiencia en los controles.

La fórmula por utilizar para encontrar el porcentaje de desperdicio que es el producto defectuoso, es la siguiente:

Porcentaje de desperdicio = (total unidades defectuosas / total producción) x 100

En la siguiente tabla se resume el porcentaje de desperdicio por unidad producida de las tres máquinas inyectoras de preforma en los meses de septiembre a noviembre de 2013.

Tabla VII. **Nivel de desperdicio del proceso de inyección de preforma**

Máquina	Septiembre			Octubre			Noviembre		
	Producción total	Unidades defectuosas	Porcentaje desperdicio	Producción total	Unidades defectuosas	Porcentaje desperdicio	Producción total	Unidades defectuosas	Porcentaje desperdicio
Inyectora 1	167 600	2 613	1,56 %	321 645	3 535	1,10 %	414 000	5 809	1,40 %
Inyectora 2	494 510	5 730	1,16 %	241 984	4 350	1,80 %	508 600	3 678	0,72 %
Inyectora 3	84 816	2 370	2,79 %	363 650	5 848	1,61 %	316 029	9 308	2,95 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa que es necesario reducir el desperdicio, mayormente la inyectora 3, por lo que se considerará para mejorar en el proceso de inyección.

2.1.2.4. Proceso de soplado de envase

El proceso final para la fabricación de envases plásticos de PET, consiste en el sistema de soplado mediante una técnica de orientación molecular bi-axial

(biorientadas), esta técnica se refiere al estiramiento longitudinal con tensión bi-axial de las moléculas del termoplástico durante el proceso de soplado de la preforma, esta técnica provee una mejora en las propiedades físicas, claridad o transparencia y mejores propiedades de barrera para los gases.

Tabla VIII. **Descripción del proceso de soplado de envase**

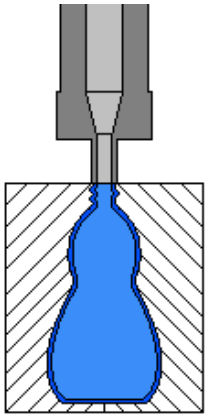
Materia prima	**Producción**	**Empaque**	**Almacenamiento**
Las cajas debidamente embaladas e identificadas son almacenadas en la bodega de preformas mientras son requeridas según el plan de producción de la empresa.	Precalentamiento: se lleva a cabo en un horno que comprende un túnel de calentamiento longitudinal, las preformas se mueven a lo largo del túnel girando sobre sí mismas para lograr una distribución adecuada de la temperatura.	Los envases son introducidos en cajas de cartón de acuerdo con la presentación del mismo tamaño y peso, estas cajas son las utilizadas para el producto final, por lo que la identificación y codificación se realiza durante el proceso de llenado de cada envase.	Son almacenados en la bodega de producto terminado del departamento, según el plan de producción se trasladan al área de envasado para ser llenados.
	Estirado: el estirado de la preforma se lleva a cabo mediante vástagos de acero que se introducen por el cuello de la preforma, se provoca la deformación en el sentido longitudinal de la preforma, hasta alcanzar casi la altura total del envase.		
	Presoplado: simultáneamente con la introducción de los vástagos o varillas de estirado, se introduce aire a relativamente baja presión (6 a 12 bar) lo que acompaña el proceso de estirado longitudinal y va provocando en forma simultánea el agrande del diámetro (estiramiento radial).		
	Soplado: por último se introduce aire comprimido seco y libre de aceite pero a mayor presión (40 bar) lo que provoca el moldeo del material PET contra el molde que esta cavado en negativo con la forma deseada.		

Fuente: elaboración propia.

El proceso de soplado de envase se compone de varias fases, la primera es la obtención del material por soplar, después viene la fase de soplado que se realiza en el molde que tiene la geometría final, puede haber una fase intermedia entre las dos anteriores para calentar el material si fuera necesario, seguidamente se enfría la pieza y por último se expulsa. Para facilitar el enfriamiento de la pieza los moldes están provistos de un sistema de refrigeración así se incrementa el nivel productivo. En la siguiente figura se

muestra una representación gráfica del proceso de inyección – soplado para fabricación de plásticos.

Figura 8. **Representación del proceso de inyección – soplado**



Fuente: representación del proceso de inyección - soplado. Departamento de fabricación de plásticos.

En muchas ocasiones es necesario modificar el espesor de la preforma, ya sea para conseguir una pieza con diferentes espesores o para lograr un espesor uniforme en toda la pieza, pues en la fase de soplado no se deforman por igual todas las zonas del material. La ventaja de usar preformas consiste en que estas se pueden inyectar, almacenar y producir diferentes colores y tamaños, los cuales pueden hacerse en lugares distintos a donde se realizará el soplado. Las preformas son estables y pueden ser sopladas a velocidad alta según la demanda requerida. Los artículos que se fabrican en el proceso de soplado son de diferentes presentaciones según el volumen del envase plástico.

Tabla IX. **Presentación de envase producido en proceso de soplado**

#	Descripción del artículo
1	PET Regia boca ancha 16Onz.
2	PET Regia boca ancha 32Onz.
3	PET Regia vinagre 26Onz.
4	PET 635ml.
5	PET Squeeze 14Onz.
6	PET 400ml.
7	PET Regia vinagre 370ml.
8	PET Regia vinagre 500ml. Exportación
9	PET Ketchup 14Onz.
10	PET 150ml.
11	PET Regia vinagre 26Onz.
12	PET Suli 1350ml.
13	PET Helzy 400ml.
14	PET 635ml.
15	PET 400ml.
16	PET 180ml.
17	PET Squeeze 28Onz.
18	PET Olmeca light 1350ml
19	PET Suli 2700ml.
20	PET Ketchup 14Onz. Rígido
21	PET Olmeca 2700ml.
22	PET Olmeca light 1350ml.
23	PET 800ml.
24	PET Olmeca 1350ml.

Fuente: descripción de artículos del proceso de soplado de envase. Departamento de fabricación de plásticos.

La producción de envase durante el proceso de soplado consta de tres estaciones de producción, cada una cuenta con dos máquinas sopladoras, con capacidad de fabricar distintas presentaciones, a estos equipos se les evalúa el nivel de eficiencia, en base a la producción actual o real entre la producción estándar o ideal. El nivel de eficiencia para cada estación de soplado se presenta en la siguiente tabla, que describe la capacidad de producción diaria del proceso de soplado de envase en el 3er. trimestre de 2013.

Tabla X. **Capacidad de producción diaria del proceso de soplado de envase**

Máquina	Envase plástico PET	Unidad por min estándar	Horas efectivas promedio por turno	Producción estándar por turno	Eficiencia
Sopladoras 1 y 2	Regia boca ancha 16Onz.	16	10	9 600	60 %
	Regia boca ancha 32onz.	8	10	4 800	45 %
	Regia vinagre 26Onz.	8	10	4 800	80 %
	PET 635ml.	24	10	14 400	35 %
	Squeeze 14Onz.	8	10	4 800	80 %
	PET 400ml.	16	10	9 600	60 %
	Regia vinagre 370ml.	8	10	4 800	88 %
	Regia Vvnagre 500ml. EXP.	8	10	4 800	98 %
	Ketchup 14Onz.	8	10	4 800	81 %
Sopladoras 3 y 4	PET 150ml.	16	10	9 600	46 %
	Regia vinagre 26Onz.	8	10	4 800	54 %
	Suli 1350ml.	12	10	7 200	68 %
	Helzy 400ml.	8	10	4 800	77 %
	PET 635ml.	8	10	4 800	95 %
	PET 400ml.	8	10	4 800	59 %
	PET 180ml.	12	10	7 200	46 %
Sopladoras 5 y 6	Squeeze 28Onz.	8	10	4 800	78 %
	Olmeca light 1350ml.	8	10	4 800	74 %
	Suli 2700ml.	8	10	4 800	39 %
	Ketchup 14Onz. Rígido	16	10	9 600	75 %
	Olmeca 2700ml.	8	10	4 800	37 %
	Olmeca light 1350ml.	8	10	4 800	76 %
	PET 800ml.	8	10	4 800	80 %
	PET Olmeca 1350ml.	8	10	4 800	64 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la estación de soplado 1 y 2 es la que genera, en promedio, un nivel de eficiencia mayor, debido a que es la que más cumple con la relación de la producción actual frente a la producción estándar. Por lo que se considera analizar e identificar las oportunidades de mejora para las siguientes dos estaciones de soplado a fin de mejorar en su nivel de eficiencia que beneficiará al proceso de soplado de envase plástico. Como referencia, en la siguiente tabla se presenta la capacidad de producción del proceso de soplado en los últimos dos años.

Tabla XI. **Datos históricos de la producción de envases en el departamento de plásticos de 2012 y 2013**

Presentación	2012		2013	
	Producción (unid)	Producción (Kg)	Producción (unid)	Producción (Kg)
Sopladora 1 y 2	3 731 344	373 134,40	2 231 344	223 134,40
Sopladora 3 y 4	1 287 736	29 617,93	2 287 736	137 262,16
Sopladora 5 y 6	4 555 672	77 446,42	2 555 672	89 448,52
TOTAL	**9 574 752**	**480 198,75**	**7 074 752**	**449 847,08**

Fuente: descripción de presentación de envase producido en proceso de soplado. Departamento de fabricación de plásticos.

Se observa que la capacidad de producción de 2012 en comparación con la de 2013 se encuentra en disminución, aunque la demanda ha sido constante de un año con otro, la capacidad no ha sido la esperada, por lo que se considera tomar énfasis en la capacidad del proceso de soplado, analizar e identificar oportunidades de mejora para incrementar la eficiencia del proceso y reducir las pérdidas de todo el departamento de plásticos.

Respecto del desperdicio del proceso de soplado de envase, el producto no conforme en este proceso es llevado al molino de PET, en donde se procesa cada envase y esta resina se clasifica. Dependiendo de sus características es enviada al área de reciclaje o es mezclada en un porcentaje pequeño con resina virgen para ser reutilizada. La muestra tomada al igual que con el proceso de inyección de preforma, corresponde al tercer trimestre de 2013.

Tabla XII. **Nivel de desperdicio del proceso de soplado de envase PET**

Máquina	Septiembre			Octubre			Noviembre		
	Producción total	Unidades defectuosas	Porcentaje desperdicio	Producción total	Unidades defectuosas	Porcentaje desperdicio	Producción total	Unidades defectuosas	Porcentaje desperdicio
Sopladora 1 y 2	163 254	10 580	6,48 %	175 608	4 861	2,77 %	197 715	5 818	2,94 %
Sopladora 3 y 4	173 186	13 475	7,78 %	186 874	4 245	2,27 %	185 698	8 456	4,55 %
Sopladora 5 y 6	170 699	13 221	7,75 %	273 936	12 757	4,66 %	162 655	5 650	3,47 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa que es necesario reducir el desperdicio. Aunque en promedio se ha mejorado mes a mes, falta por trabajar en las causas de desperdicio de cada estación de soplado, en especial la estación de soplado 3 y 4, ya que de octubre a noviembre incrementó del 2,27 % al 4,55 %, por lo que se considerará para su análisis e identificación de mejorar para beneficiar y reducir las pérdidas en el proceso de soplado de envase PET.

2.1.3. Análisis de los procesos

A continuación se desarrollan herramientas de análisis para determinar el diagnóstico del departamento de fabricación de plásticos.

2.1.3.1. Diagrama de procesos

Con el uso del diagrama de procesos se obtiene una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza. Incluye además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempos requeridos. Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Estas se conocen bajo términos de operaciones, transporte, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

Para analizar una operación es necesario utilizar las técnicas de estudio que permiten comprender el detalle de cada operación, de manera que se pueda efectuar mejoras. El estudio de tiempos es una técnica utilizada para determinar el tiempo estándar permitido en el cual se llevará a cabo una actividad, tomando en cuenta las demoras personales, fatiga y retrasos que se

puedan presentar al realizar dicha actividad. Para el diagrama de procesos se utilizó la metodología de tiempos cronometrados.

- Tiempos cronometrados: son estándares de tiempos, por medio de tipos de cronómetros: de tapa en centésimas de minuto; continuo en centésimas de minuto; tres cronómetros que son continuos; digital en milésimas de minuto y computadora en milésimas de minuto. Para este estudio se utilizó un cronómetro de tipo digital que proporcionó el área. Como en todo estudio de tiempos se inició con un diseño de estación de trabajo estandarizado con un operador hábil y bien capacitado.

Figura 9. **Cronómetro digital**

Fuente: representación del cronómetro digital utilizado. Departamento de fabricación de plásticos.

El estudio de tiempos cronometrados se realizó seleccionando el trabajo que se va a estudiar, y su información respectiva. Luego se dividió el trabajo, se efectuó la toma de tiempos respectivos con el cronómetro digital, anotando los resultados; después se clasificó, niveló y normalizó el desempeño del operador. Se aplicaron tolerancias que se determinaron de acuerdo con el tiempo añadido al tiempo normal para hacer que el estándar sea práctico y alcanzable). Se verificó la lógica de las actividades y se registraron los estándares de tiempos de cada actividad en el diagrama de procesos.

- Diagrama de proceso de operaciones: muestra la secuencia cronológica de las operaciones e inspecciones que se realizan en las líneas de producción, así como las entradas de materia prima y materiales que se utilizan en el proceso de fabricación. Al desarrollar el diagrama de operaciones se utilizaron símbolos que representan actividades, estos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Símbolos utilizados en el diagrama de proceso de operaciones**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN
	Inicio del diagrama	Indica los materiales con los que inicia el proceso
	Entrada de material	Indica cuando se ingresa un material al proceso
	Operación	Transformación física o química del material
	Inspección	Revisión, verificación o comprobación de calidad o cantidad
	Operación / Inspección combinada	Actividad conjunta de transformación y verificación

Fuente: elaboración propia.

- Diagrama de flujo del proceso de operaciones: muestra la secuencia cronológica de las actividades que se realizan en el proceso de producción, pero de forma más detallada que en el diagrama de proceso de operaciones. Se utiliza para registrar distancias recorridas, demoras y almacenamientos temporales, que al ser detectados pueden analizarse para tomar medidas y minimizarlos. En este diagrama se incluyen los símbolos de transporte, almacenamiento y demoras.

Tabla XIV. **Símbolos utilizados en el diagrama de flujo del proceso de operaciones**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN
	Entrada de material	Indica cuando se ingresa un material al proceso
	Operación	Transformación física o química del material
	Inspección	Revisión, verificación o comprobación de calidad o cantidad
	Operación / Inspección combinada	Actividad conjunta de transformación y verificación
	Transporte	Trasladar un material de lugar a otro
	Almacenamiento	Almacenar el producto o material
	Demora	Material en espera de ser procesado

Fuente: elaboración propia.

Según lo anterior, a continuación se presentan los diagramas de procesos de operaciones y diagramas de flujo de los procesos de operaciones para inyección y soplado.

Figura 10. **Diagrama de proceso de operaciones para inyección de preforma**

Diagrama de proceso de operaciones			
EMPRESA: OLMECA S.A		PROCESO: INYECCIÓN DE PREFORMA	
DEPARTAMENTO: FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS		LINEA: INYECTORA 1	
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA		ELABORADO POR: ROLANDO MÉRIDA	
TERMINA: BODEGA P.T. PREFORMA		PAGINA: 1 DE 1	
Proceso	**Descripción**	**Tiempo**	
1	Inspección de resina PET	5,1 min.	
1	Se conecta el succionador y se arranca la bomba	3,2 min.	
2	Aumento temperatura 7 horas, 175 ºC	420,5 min.	
3	Inyección al molde y enfriamiento	1,4 min.	
4	Expulsión de preforma	1,3 min.	
5	Colocación dentro de cajas	1,1 min.	
2	Inspección de preforma	9,5 min.	
RESUMEN			
Símbolo	**Descripción**	**Cantidad**	**Tiempo (min.)**
	Inspección	2	14,6
	Operación	5	427,5
	Total	**7**	**442,1**

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Diagrama de flujo del proceso de operaciones para inyección de preforma**

Diagrama de flujo del proceso de operaciones

EMPRESA: OLMECA S.A	PROCESO: INYECCIÓN DE PREFORMA
DEPARTAMENTO: FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS	LINEA: INYECTORA 1
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA	ELABORADO POR: ROLANDO MÉRIDA
TERMINA: BODEGA P.T. PREFORMA	PAGINA: 1 DE 1

Proceso	Descripción	Tiempo	Distancia
1	Almacenamiento en bodega de materia prima		
1	Inspección de resina PET	5,1 min.	
1	Traslado de bodega de materia prima a producción	1,8 min.	40 mts.
1	Se conecta el succionador y se arranca la bomba	3,2 min.	
2	Aumento temperatura 7 horas, 175ºC	420,5 min.	
3	Inyección al molde y enfriamiento	1,4 min.	
4	Expulsión de preforma	1,3 min.	
5	Colocación dentro de cajas	1,1 min.	
2	Inspección de preforma	9,5 min.	
2	De producción a bodega de producto terminado de preforma	3,5 min.	100 mts.
2	Almacenamiento		

RESUMEN

Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (min.)	Distancia (mts.)
	Inspección	2	14,6	0
	Operación	5	427,5	0
	Almacenamiento	2	0	0
	Transporte	2	5,3	140
	Total	**11**	**447,4**	**140**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el diagrama de flujo del proceso de operaciones para inyección, el tiempo del proceso se incrementa debido al tiempo de secado de la resina PET en la tolva, que es de 420 min. Cabe resaltar que el proceso es continuo por lo que se toma como tiempo de arranque, ya que la dosificación de resina en la tolva es continúa. Con esto se tiene un tiempo estándar de producción de 22 unidades por minuto, en preforma de 20 gramos que es la de mayor demanda, en un lote de 200 Kg. de resina, por lo que es importante enfocarse en reducir el tiempo de precalentamiento para lograr mayor eficiencia en la máquina. De igual manera, enfatizar en los parámetros de temperatura y presiones del proceso que son vitales para lograr un producto conforme.

En el proceso de soplado de envase las operaciones consisten en tres pasos sucesivos:

- Estirado: mediante vástagos de acero que se introducen por el cuello de la preforma, se provoca la deformación en el sentido longitudinal de la preforma, hasta alcanzar casi la altura total del envase.
- Presoplado: simultáneamente con la introducción de los vástagos o varillas de estirado, se introduce aire a relativamente baja presión, lo que acompaña el proceso de estirado longitudinal.
- Soplado: por último se introduce aire comprimido seco y libre de aceite pero a mayor presión, lo que provoca el moldeo del material PET contra el molde que esta cavado en negativo con la forma deseada.

A continuación, se presentan los diagramas de procesos para soplado de envase.

Figura 12. **Diagrama de proceso de operaciones para soplado de envase**

Diagrama de proceso de operaciones			
EMPRESA: OLMECA S.A		PROCESO: SOPLADO DE ENVASE	
DEPARTAMENTO: FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS		LINEA: SOPLADORA 1 Y 2 PET	
INICIO: BODEGA DE P.T. PREFORMA		ELABORADO POR: ROLANDO MÉRIDA	
TERMINA: BODEGA P.T. ENVASE		PAGINA: 1 DE 1	
Proceso	**Descripción**	**Tiempo**	
1	Se colocan las preformas en el horno de precalentamiento	0,2 min.	
2	Calentamiento de preforma 90 ºC a 150 ºC	1,5 min.	
3	Del horno pasan a la sopladora en pares	0,1 min.	
4	Estirado y presoplado, presión de 6 a 12 bar	0,1 min.	
5	Soplado del envase, presión 40 a 50 bar.	0,2 min.	
6	Se retira el envase de la sopladora	0,1 min.	
1	Inspección del envase	1 min.	
7	Colocar envase en una cajilla	0,1 min.	
RESUMEN			
Símbolo	**Descripción**	**Cantidad**	**Tiempo (min.)**
	Inspección	1	1
	Operación	7	2,3
	Total	**8**	**3,3**

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Diagrama de flujo del proceso de operaciones para soplado de envase**

Diagrama de flujo del proceso de operaciones

EMPRESA: OLMECA S.A	PROCESO: SOPLADO DE ENVASE
DEPARTAMENTO: FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS	LINEA: SOPLADORA 1 Y 2 PET
INICIO: BODEGA DE P.T. PREFORMA	ELABORADO POR: ROLANDO MÉRIDA
TERMINA: BODEGA P.T. ENVASE	PAGINA: 1 DE 1

Proceso	Descripción	Tiempo	Distancia
1	Almacenamiento de P.T. preforma		
1	Traslado a producción de soplado	1,3 min.	30 mts.
1	Se colocan las preformas en el horno de precalentamiento	0,2 min.	
2	Calentamiento de preforma 90 ºC a 150 ºC	1,5 min.	
3	Del horno pasan a la sopladora en pares	0,1 min.	
4	Estirado y presoplado, presión de 6 a 12 bar	0,1 min.	
5	Soplado del envase, presión 40 a 50 bar.	0,2 min.	
6	Se retira el envase de la sopladora	0,1 min.	
1	Inspección del envase	1 min.	
7	Colocar envase en una cajilla	0,1 min.	
2	Traslado de soplado a bodega producto terminado envase	2,9 min.	90 mts.
2	Almacenamiento		

RESUMEN

Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (min.)	Distancia (mts.)
	Inspección	1	1	0
	Operación	7	2,3	0
	Almacenamiento	2	0	0
	Transporte	2	4,2	120
	Total	**12**	**7,5**	**120**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el diagrama de flujo del proceso de operaciones de soplado de envase, las actividades donde no se tienen los controles adecuados y donde se debería poner mayor énfasis es en las actividades del calentamiento, estirado, presoplado y soplado del envase, para garantizar la eficiencia y la entrega de productos conformes.

2.1.3.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una técnica que separa los pocos vitales de los muchos triviales. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de manera que un equipo sepa a dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar, en el cual ayuda a priorizar el 20 % de las causas que generan el 80 % de los problemas. Usando el diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio, pocos vitales, muchos triviales, el cual dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves.

El objetivo de realizar un diagrama de Pareto para el departamento de plásticos es identificar oportunidades para mejorar sus procesos. Por ello, se analizaron los defectos más frecuentes que aparecen en las unidades al salir de la línea de producción. En tal sentido, se empezó por clasificar todos los defectos posibles en sus diversos tipos; posteriormente, se registraron las frecuencias en las que se presentaron los defectos y así se calculó el porcentaje acumulado para identificar el 20 % de las razones que generan 80 % de los defectos. Esto se ordenó en forma descendente y abarcó septiembre, octubre y noviembre.

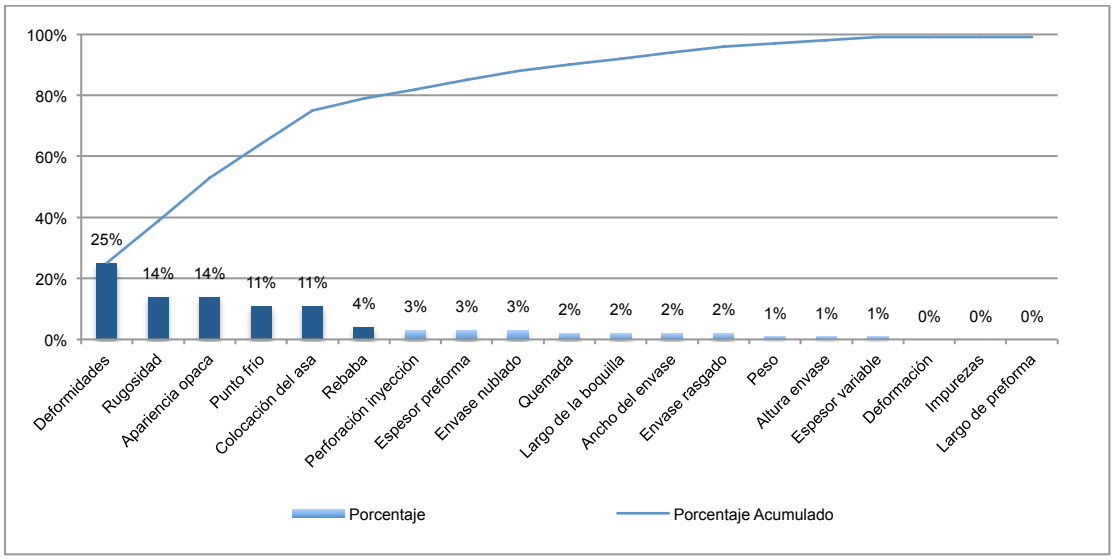
Tabla XV. **Defectos en fabricación de envases plásticos**

#	Defecto	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Deformidades	28 562	25 %	25 %
2	Rugosidad	15 564	14 %	39 %
3	Apariencia opaca	15 453	14 %	53 %
4	Punto frío	12 490	11 %	64 %
5	Colocación del asa	12 384	11 %	75 %
6	Rebaba	4 570	4 %	79 %
7	Perforaciones punto inyección	3 923	3 %	83 %
8	Espesor preforma	3 095	3 %	86 %
9	Envase nublado	2 993	3 %	88 %
10	Quemada	2 345	2 %	90 %
11	Largo de la boquilla	2 345	2 %	92 %
12	Ancho del envase	2 333	2 %	95 %
13	Envase rasgado	2 322	2 %	97 %
14	Peso	1 136	1 %	98 %
15	Altura envase	982	1 %	98 %
16	Espesor variable	687	1 %	99 %
17	Deformación	456	0 %	99 %
18	Impurezas	345	0 %	100 %
19	Largo de preforma	233	0 %	110 %
	TOTAL	**112 218**	**100 %**	

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se representan los datos en forma gráfica por medio de un histograma para visualizar evidentemente los defectos más frecuentes.

Figura 14. **Diagrama de Pareto de defectos encontrados**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar, que los primeros cinco tipos de defectos se presentan en el 79 % de las unidades, aproximadamente. Por el principio de Pareto, se concluye que: la mayor parte de los defectos encontrados en los lotes de septiembre, octubre y noviembre pertenecen solo a seis tipos de defectos, de manera que si se eliminan o reducen las causas que los provocan desaparecería la mayor parte de los defectos y, a su vez, se reducirían las unidades defectuosas las cuales, por ende, aumentarían las unidades incrementando la productividad. Por lo tanto, se define que el problema que se debe erradicar en el departamento de plásticos es que las unidades defectuosas que se presentan son mayormente por deformidades, seguido por rugosidad, apariencia opaca, punto frío, colocación del asa y rebaba del envase. Por lo que se procede a utilizar la herramienta de análisis de diagrama de causa y efecto para determinar las posibles causas que generan este problema.

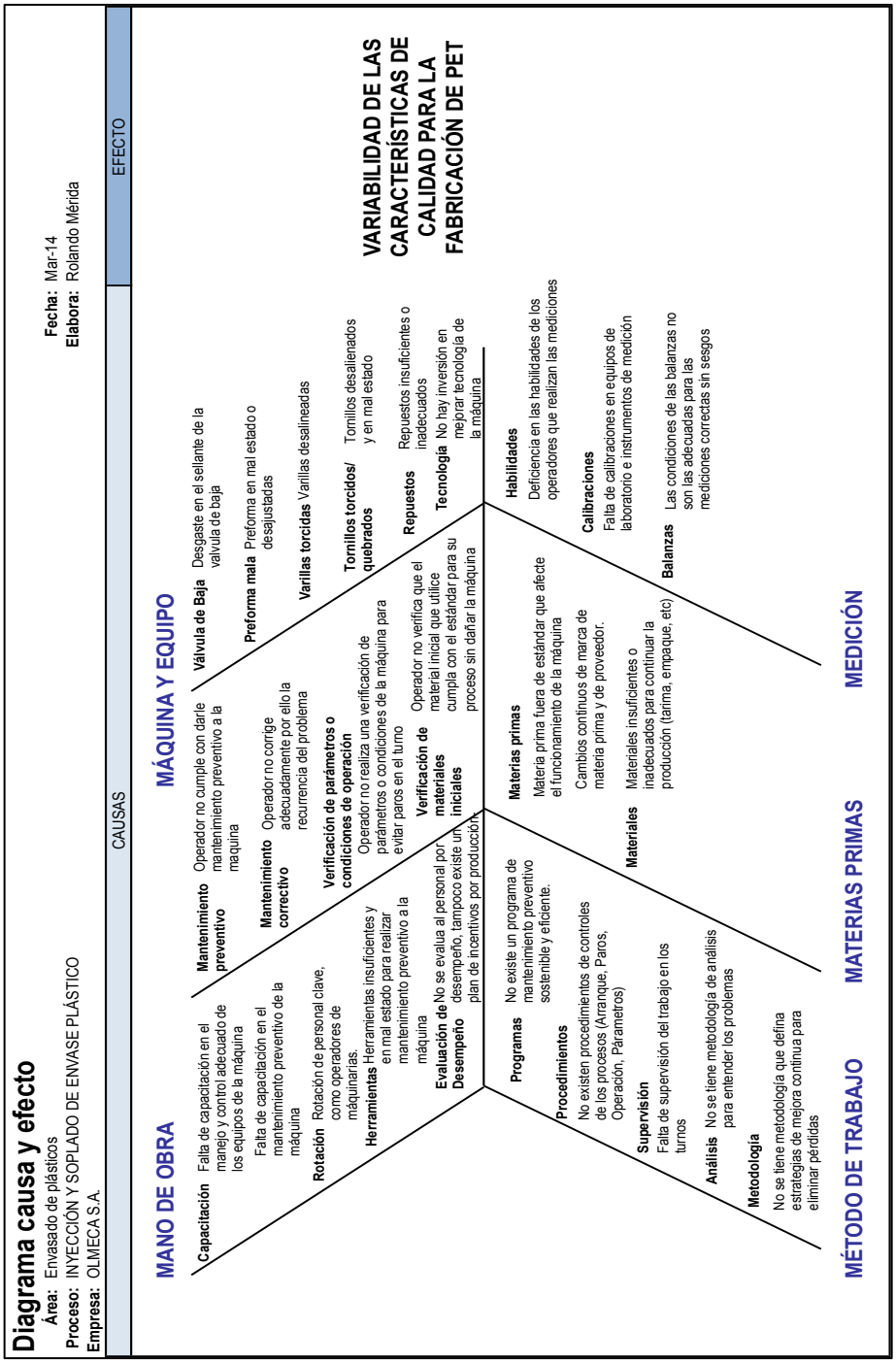
2.1.3.3. Diagrama causa y efecto

El diagrama de causa y efecto ayuda a graficar las posibles causas de un problema que se estudia y analizarlas. Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tienen cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema. En algunas oportunidades son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, las que pueden estar actuando en cadena. La manera en que se desarrolló el diagrama de causa y efecto para el departamento de plásticos fue a partir del problema definido anteriormente en el diagrama de Pareto por medio de la participación de todos los miembros del equipo a través de la técnica de diagnóstico de entrevista no estructurada, mencionada anteriormente, en la cual se entrevistó al jefe de producción, supervisor de

producción, operadores de máquina, encargado de planificación, encargado de mantenimiento y el inspector de calidad.

Se inició con elaborar una lista de las posibles causas que generan el efecto, y provocan el problema, tales conceptos se colocaron en los siguientes elementos: maquinaria y equipo, métodos de trabajo, mano de obra, medición y materias primas. Por medio de la estructura que contiene el diagrama causa y efecto (espina de pescado), se ayudó a ordenar de forma muy concentrada todas las causas que posiblemente pueden contribuir a un determinado efecto. Por lo tanto, se determinó un conocimiento común de un problema complejo. A continuación se verá como el valor de una característica de calidad depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo.

Figura 15. **Diagrama causa y efecto para análisis de los procesos**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la variabilidad de las características de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, se debe investigar a fin de identificar las causas del mismo. Con el análisis de causa y efecto realizado en los procesos de inyección y soplado de envase PET, se determinaron las posibles causas para posteriormente, analizar cada una de ellas y definir planes de acción de mejora para erradicar el problema y mejorar en la productividad del departamento de plásticos. Por ello, también se debe analizar la productividad actual, conocer en qué posición se encuentra el departamento y medir luego de la implementación de propuestas de mejora en cuanto se ha contribuido en la productividad para incrementarla.

2.2. Productividad actual

Con el fin de medir la productividad del departamento de plásticos se emplea el índice de productividad (IP) como punto de comparación para una adecuada administración de los recursos utilizados en la producción y que reflejan el desempeño del departamento.

Se da en base a las salidas sobre las entradas:

IP = salidas / entradas

Que, a su vez, está dado por la producción sobre los recursos utilizados:

IP = producción / recursos utilizados

La producción se refiere a las cantidades de unidades producidas y los recursos utilizados como mano de obra, materia prima y otros recursos. Por lo tanto:

$$IP = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{mano de obra + materia prima + otros recursos}}$$

El cálculo del índice de productividad se realizará tomando en cuenta los costos relacionados en la fabricación de los envases plásticos. Por lo tanto, con la inclusión de los costos en el cálculo del IP está dada por la ecuación siguiente.

$$\mathbf{IP = \frac{\text{costo total de producción}}{\text{costo total mano obra + costo total materia prima + gastos fabricación}}}$$

Para el costo total de producción se obtiene la información de los costos proporcionada por el jefe de producción a través de una entrevista no estructurada, el cual indicó que el costo unitario de producción es de Q 1,02. Este dato es un promedio del histórico determinado por el departamento de finanzas, en donde la ecuación está dada por:

$$\text{Costo unitario de producción} = \frac{\text{costo total de producción}}{\text{unidades producidas}}$$

En septiembre, octubre y noviembre el costo unitario de producción por utilizar es el definido por finanzas que es el Q 1,02. Con ello, se despeja la ecuación anterior para determinar el costo total de producción de dichos meses.

Dada por:

Costo total de producción = unidades producidas * costo unitario producción

En la siguiente tabla se incluyen los cálculos para costo total de producción de los procesos de inyección y soplado en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Tabla XVI. **Costo total de producción**

A	B	C	D
Mes	Unidades producidas	Costo unitario producción	Costo total de producción (B*C)
Sep	989 398	Q. 1,02	Q. 1 009 185,96
Oct	636 418	Q. 1,02	Q. 649 146,36
Nov	546 068	Q. 1,02	Q. 556 989,36

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Para el cálculo de costo total de mano de obra se obtiene información sobre los gastos de fabricación del departamento de plásticos proporcionados por el jefe de producción. Ahí se presentan datos de costos de mano de obra directa formada por trabajadores que están involucrados en la producción, tales como: sueldos y salarios ordinarios y extraordinarios, IGSS patronal, IRTRA, INTECAP, bono 14, indemnización, aguinaldo, vacaciones, bono decreto 37-2001 para cada proceso de fabricación y línea de fabricación. Con ello, se obtiene el costo total de mano de obra directa.

Tabla XVII. **Costos de mano de obra directa**

OLMECA, S.A.

MANO DE OBRA DIRECTA (Q)

CUENTA		SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
0904157 INYECTORA 1 F.PREFORMAS				
6115	SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	2 149	2 149	2 149
6120	SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	1 392	1 477	1 804
6125	IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	449	459	501
6130	BONO 14	179	179	179
6135	INDEMNIZACIÓN	344	353	384
6140	AGUINALDOS	179	179	179
6145	VACACIONES	148	151	165
6150	B. DECRETO 37-2001-1	250	250	250
6151	B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
0904157 INYECTORA 1 F.PREFORMAS Total		5 090	5 197	5 611
INYECTORA 1 (PET) Total		**5 090**	**5 197**	**5 611**
0904159 INYECTORA 3 (TAPON) -OLMECA II				
6115	SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	2 149	2 149	2 149
6120	SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	1 365	1 558	1 849
6125	IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	445	470	507
6130	BONO 14	179	179	179
6135	INDEMNIZACIÓN	342	360	389
6140	AGUINALDOS	179	179	179
6145	VACACIONES	146	154	167
6150	B. DECRETO 37-2001-1	250	250	250
6151	B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
0904159 INYECTORA 3 (TAPON) -OLMECA II Total		5 056	5 299	5 668
INYECTORA 3 (TAPON) Total		**5 056**	**5 299**	**5 668**
0904161 TROQUELADORA - OLMECA II				
6115	SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	2 149	2 149	2 149
6120	SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	954	900	1 007
6125	IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	393	386	400
6130	BONO 14	179	179	179
6135	INDEMNIZACION	302	296	307
6140	AGUINALDOS	179	179	179
6145	VACACIONES	129	127	131
6150	B. DECRETO 37-2001-1	250	250	250
6151	B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
0904161 TROQUELADORA - OLMECA II Total		4 534	4 466	4 602
TROQUELADORA Total		**4 534**	**4 466**	**4 602**
Total INYECCIÓN		**14 680**	**14 963**	**15 881**

Continuación tabla XVII.

0904182 MOLINO 4 POLIETILENO SOPLADO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6115 SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	4 080	4 080	3 060
6120 SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	2 104	2 142	2 461
6125 IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	783	981	699
6130 BONO 14	340	467	255
6135 INDEMNIZACIÓN	601	753	537
6140 AGUINALDOS	340	467	255
6145 VACACIONES	258	322	230
6150 B. DECRETO 37-2001-1	500	500	500
6151 B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
0904182 MOLINO 4 POLIETILENO SOPLADO Total	9 006	9 711	7 997
MOLINO 4 (POLIETILENO) Total	**9 006**	**9 711**	**7 997**
Total MOLINO (REPROCESO)	**9 006**	**9 711**	**7 997**
0901205 EST.DE SOPLADO 1 F.ENVASES PET			
6115 SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	12 675	10 581	12 675
6120 SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	6 912	6 841	7 933
6125 IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	2 885	2 207	2 830
6130 BONO 14	1 322	882	1 200
6135 INDEMNIZACIÓN	2 214	1 694	2 171
6140 AGUINALDOS	1 322	882	1 200
6145 VACACIONES	949	726	930
6150 B. DECRETO 37-2001-1	1 500	1 500	1 500
6151 B. DECRETO 37-2001-2	-	462	-
0901205 EST.DE SOPLADO 1 F.ENVASES PET Total	29 778	25 775	30 440
ESTACION DE SOPLADO 1 Total	**29 778**	**25 775**	**30 440**
0901206 EST.DE SOPLADO 2-F.ENVASES PET			
6115 SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	12 675	12 675	11 601
6120 SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	6 535	7 221	7 630
6125 IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	2 434	2 730	2 437
6130 BONO 14	1 056	1 194	967
6135 INDEMNIZACIÓN	1 868	2 095	1 870
6140 AGUINALDOS	1 056	1 194	967
6145 VACACIONES	800	898	801
6150 B. DECRETO 37-2001-1	1 500	1 500	1 500
6151 B. DECRETO 37-2001-2	-	-	239
0901206 EST.DE SOPLADO 2-F.ENVASES PET Total	27 925	29 506	28 011
ESTACION DE SOPLADO 2 Total	**27 925**	**29 506**	**28 011**

Continuación tabla XVII.

0901A82 EST.DE SOPLADO 3 F.ENVASES PET	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6115 SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	10 527	11 601	12 675
6120 SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	6 924	6 998	6 665
6125 IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	2 436	2 356	2 450
6130 BONO 14	1 025	967	1 056
6135 INDEMNIZACIÓN	1 869	1 808	1 880
6140 AGUINALDOS	1 025	967	1 056
6145 VACACIONES	801	775	806
6150 B. DECRETO 37-2001-1	1 500	1 500	1 500
6151 B. DECRETO 37-2001-2	532	292	-
0901A82 EST.DE SOPLADO 3 F.ENVASES PET Total	26 637	27 264	28 089
ESTACION DE SOPLADO 3 Total	**26 637**	**27 264**	**28 089**
0901207 SOPLADORA 1 - F.ENVASE			
6115 SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	2 149	2 149	2 149
6120 SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	1 168	1 249	1 862
6125 IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	420	431	508
6130 BONO 14	179	179	179
6135 INDEMNIZACIÓN	323	330	390
6140 AGUINALDOS	179	179	179
6145 VACACIONES	138	142	167
6150 B. DECRETO 37-2001-1	250	250	250
6151 B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
0901207 SOPLADORA 1 - F.ENVASE Total	4 806	4 908	5 685
SOPLADORA 1 Total	**4 806**	**4 908**	**5 685**
0901208 SOPLADORA . 2 - F.ENVASE			
6115 SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	4 298	3 223	4 298
6120 SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	2 511	2 632	2 713
6125 IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	1 077	742	888
6130 BONO 14	499	269	358
6135 INDEMNIZACIÓN	827	569	682
6140 AGUINALDOS	499	269	358
6145 VACACIONES	354	244	292
6150 B. DECRETO 37-2001-1	500	500	500
6151 B. DECRETO 37-2001-2	-	260	-
6170 SERVICIOS ESPECIALES	-	-	-
0901208 SOPLADORA . 2 - F.ENVASE Total	10 566	8 708	10 089
SOPLADORA 2 Total	**10 566**	**8 708**	**10 089**

Continuación tabla XVII.

0901211 SOPLADORA . 5 - F.ENVASE		SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6115	SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	4 298	4 298	4 298
6120	SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	2 176	2 216	2 283
6125	IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	820	825	834
6130	BONO 14	358	358	358
6135	INDEMNIZACIÓN	629	633	640
6140	AGUINALDOS	358	358	358
6145	VACACIONES	270	271	274
6150	B. DECRETO 37-2001-1	500	500	500
6151	B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
6170	SERVICIOS ESPECIALES	-	-	-
0901211 SOPLADORA . 5 - F.ENVASE Total		9 409	9 460	9 545
SOPLADORA 5 Total		**9 409**	**9 460**	**9 545**
0901212 SOPLADORA 6 - F.ENVASE				
6115	SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	4 298	4 298	4 298
6120	SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	2 243	2 203	2 323
6125	IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	829	824	839
6130	BONO 14	358	358	358
6135	INDEMNIZACIÓN	636	632	644
6140	AGUINALDOS	358	358	358
6145	VACACIONES	272	271	276
6150	B. DECRETO 37-2001-1	500	500	500
6151	B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
0901212 SOPLADORA 6 - F.ENVASE Total		9 494	9 443	9 596
SOPLADORA 6 Total		**9 494**	**9 443**	**9 596**
Total PLÁSTICOS		**118 616**	**115 063**	**121 454**
	Total MANO OBRA DIRECTA	**142 301,63**	**139 736,75**	**145 331,74**

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

La mano de obra directa se refiere a los trabajadores que específicamente están ocupados en la producción y no se le considera como parte del gasto general de producción. Por su parte, la mano de obra indirecta describe a los empleados que trabajan en el sector humano manufacturero pero que no producen directamente un producto. Por ejemplo, un inspector de calidad es considerado mano de obra indirecta, al igual que los trabajadores de limpieza empleados por otra empresa contratista, gerentes y supervisores. El costo de

mano de obra indirecta es considerado gasto general de producción, por lo tanto, estará dentro de los “gastos de fabricación” según el cálculo de índice de productividad, los cuales se presentan posteriormente.

La ecuación para calcular el costo de mano de obra por hora esta dado por:

$$\text{Costo de mano de obra por hora} = \frac{\text{costo total mano de obra}}{\text{horas trabajadas}}$$

De los datos de la tabla XVII se procede a desarrollar la tabla XVIII que tiene datos para el cálculo del costo total de mano de obra directa.

Tabla XVIII. **Costo total de mano de obra directa**

A	B	C	D	E	F	G
Mes	# Empleados	Horas empleadas efectivas (2 turnos por día)	# Días efectivos al mes	Horas efectivas al mes (C*D)	Costo total mano de obra (según tabla XVII)	Costo mano de obra por hora (F/E)
Sep	14	20	26	520	Q. 142 301,63	Q. 273,66
Oct	14	20	28	560	Q. 139 736,75	Q. 249 ,53
Nov	14	20	28	560	Q. 145 331,74	Q. 259,52

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Para el calculo de costo total de materia prima se obtiene información del departamento de plásticos proporcionada por el jefe de bodega de materia prima, quien indicó que para las producciones de septiembre, octubre y noviembre se consumieron 31 387 kilos. En septiembre, 20 168 kilos; en octubre y en noviembre, 17 277 kilos de resina PET. El precio por kilo fue de Q 11,55 según indicó el jefe del departamento de compras.

A continuación se desarrolla una tabla en la cual se calcula el costo total de materia prima.

Tabla XIX. **Costo total de materia prima**

A	B	C	D
Mes	Kilos de materia prima consumida	Costo unitario materia prima	Costo total de materia prima (B*C)
Sep	31 387	Q. 11,55	Q. 362 519,85
Oct	20 168	Q. 11,55	Q. 232 940,40
Nov	17 277	Q. 11,55	Q. 199 549,35

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Para los gastos de fabricación se obtiene información del departamento de plásticos proporcionado por el jefe de producción. La siguiente tabla presenta datos de mantenimiento, limpieza, seguro de vida, gastos médicos, servicio de maquila, seguro contra incendios y mano de obra indirecta para cada proceso de fabricación y línea de fabricación, con ello, se obtienen los gastos de fabricación.

Tabla XX. **Gastos de fabricación**

OLMECA, S.A.

GASTOS DE FABRICACIÓN

CUENTA	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
0904157 INYECTORA 1 F.PREFORMAS			
6300 LUBRICANTES	-	-	-
6340 GASTOS GENERALES DE FÁBRICA	5 547	6 313	7 395
6460 SERVICIO, MANTTO. Y LIMPIEZA	-	-	-
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	-	-	-
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	93	93	93
Total 0904157 INYECTORA 1 F.PREFORMAS	5 640	6 405	7 487
Total INYECTORA 1 (PET)	**5 640**	**6 405**	**7 487**
0904158 INYECTORA 2 F.PREFORMAS			
6300 LUBRICANTES	-	-	290
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	103	-	1 202
Total 0904158 INYECTORA 2 F.PREFORMAS	103	-	1 492
Total INYECTORA 2	**103**	**-**	**1 492**

Continuación tabla XX.

0904159 INYECTORA 3 (TAPÓN) -OLMECA II	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6340 GASTOS GENERALES DE FÁBRICA	-	-	-
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	0	8 000	85
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	93	93	93
Total 0904159 INYECTORA 3 (TAPÓN) -OLMECA II	93	8 093	177
Total INYECTORA 3 (TAPÓN)	**93**	**8 093**	**177**
0904A84 INYECTORA 3 F.PREFORMAS			
6300 LUBRICANTES	5 318	25 177	1 159
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	888	5 672	1 519
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	-	-	-
Total 0904A84 INYECTORA 3 F.PREFORMAS	6 206	30 849	2 678
Total INYECTORA 3 F.PREFORMAS	**6 206**	**30 849**	**2 678**
0904161 TROQUELADORA - OLMECA II			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	-	-	-
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	185	185	93
Total 0904161 TROQUELADORA - OLMECA II	185	185	93
Total TROQUELADORA	**185**	**185**	**93**
Total INYECCIÓN	**12 227**	**45 531**	**11 927**
0904180 MOLINO 2. POLIET. INYECCIÓN			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	223	-	446
Total 0904180 MOLINO 2. POLIET. INYECCIÓN	223	-	446
Total MOLINO 2 (TAPÓN)	**223**	**-**	**446**
0904181 MOLINO 3 POLIETILENO PET			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	223	-	611
Total 0904181 MOLINO 3 POLIETILENO PET	223	-	611
Total MOLINO 3 (PET)	**223**	**-**	**611**
0904182 MOLINO 4 POLIETILENO SOPLADO			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	-	-	880
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	185	185	185
Total 0904182 MOLINO 4 POLIETILENO SOPLADO	185	185	1 065
Total MOLINO 4 (POLIETILENO)	**185**	**185**	**1 065**
Total MOLINO (REPROCESO)	**631**	**185**	**2 122**
PLÁSTICOS			
0901M80 EST.DE SOPLADO 4 F.ENVASES PET			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP			
Total 0901M80 EST.DE SOPLADO 4 F.ENVASES PET			
Total EST.DE SOPLADO 4 F.ENVASES PET			

Continuación tabla XX.

0901205 EST.DE SOPLADO 1 F.ENVASES PET	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6300 LUBRICANTES	-	-	-
6340 GASTOS GENERALES DE FÁBRICA	-	-	-
6375 MATERIALES DE COMPUTACIÓN	-	-	-
6440 SERVICIO DE MAQUILA	39 013	26 839	8 490
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	1 808	3 820	1 139
6480.04 MANTTO. DE EDIFICIOS Y CALLES			57
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	555	555	555
Total 0901205 EST.DE SOPLADO 1 F.ENVASES PET	42 819	32 740	11 719
Total ESTACIÓN DE SOPLADO 1	**42 819**	**32 740**	**11 719**
0901206 EST.DE SOPLADO 2-F.ENVASES PET			
6300 LUBRICANTES	558	-	-
6460 SERVICIO, MANTTO. Y LIMPIEZA	110	41	-
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	5 573	805	9 956
6480.04 MANTTO. DE EDIFICIOS Y CALLES	-	-	-
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	555	555	555
Total 0901206 EST.DE SOPLADO 2-F.ENVASES PET	8 240	2 927	11 988
Total ESTACIÓN DE SOPLADO 2	**8 240**	**2 927**	**11 988**
0901A82 EST.DE SOPLADO 3 F.ENVASES PET			
6300 LUBRICANTES	595	290	126
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	142	52	-
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	555	555	555
Total 0901A82 EST.DE SOPLADO 3 F.ENVASES PET	1 292	897	681
Total ESTACIÓN DE SOPLADO 3	**1 292**	**897**	**681**

Continuación tabla XX.

0901167 ADMON. PLÁSTICOS - F.ENVASES		SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6185	SUELDOS Y SALARIOS ORDINARIOS	21 512	21 512	21 512
6190	SUELDOS Y SALARIOS EXTRAORD.	7 602	8 056	10 047
6200	IGSS PATRONAL, IRTRA E INTECAP	3 689	3 746	4 477
6205	BONO 14	1 793	1 793	2 108
6210	INDEMNIZACIÓN	2 830	2 875	3 436
6215	AGUINALDOS	1 793	1 793	2 108
6220	VACACIONES	1 213	1 232	1 472
6225	B. DECRETO 37-2001-1	1 750	1 750	1 750
6226	B. DECRETO 37-2001-2	-	-	-
6230	BONIFICACION INCENTIVO	1 224	6 179	2 462
6240	BENEFICIOS LABORALES	-	-	-
6245	SERVICIOS ESPECIALES	-	-	-
6295	COMBUSTIBLES			
6300	LUBRICANTES	-	160	-
6315	ENERGÍA ELÉCTRICA	148 811	198 566	187 317
6340	GASTOS GENERALES DE FÁBRICA	1 592	641	467
6345	GTOS HERRAMIENTAS Y ÚTILES FAB	-	-	-
6355	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	1 863	1 446	879
6360	IMPUESTOS Y CONTRIBUCIONES	1	-	-
6375	MATERIALES DE COMPUTACIÓN	196	203	196
6400	MATERIALES Y REPUESTOS	94	359	196
6405	PAPELERIA Y ÚTILES	1 041	861	1 637
6460	SERVICIO, MANTTO. Y LIMPIEZA	1 295	1 534	1 071
6480.01	REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	301	214	411
6480.04	MANTTO. DE EDIFICIOS Y CALLES	5	87	717
6480.06	REP. Y MANTTO. E. DE CÓMPUTO	143	-	71
6485.04	SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08	SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	647	647	647
6490.01	HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN	-	-	-
Total 0901167 ADMON. PLÁSTICOS - F.ENVASES		200 838	255 178	244 459
Total MANTENIMIENTO		**200 838**	**255 178**	**244 459**

Continuación tabla XX.

0901207 SOPLADORA POLIET. 1 - F.ENVASE	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6300 LUBRICANTES	-	193	-
6340 GASTOS GENERALES DE FABRICA	-	-	-
6355 IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	-	-	-
6375 MATERIALES DE COMPUTACIÓN	-	-	-
6460 SERVICIO, MANTTO. Y LIMPIEZA	81	-	-
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	125	10 097	1 896
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	93	93	93
Total 0901207 SOPLADORA POLIET. 1 - F.ENVASE	1 741	11 909	3 466
Total SOPLADORA DE POLIETILENO 1	**1 741**	**11 909**	**3 466**
0901208 SOPLADORA POLIET. 2 - F.ENVASE			
6300 LUBRICANTES	-	4 984	-
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	-	-	502
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	185	185	185
Total 0901208 SOPLADORA POLIET. 2 - F.ENVASE	1 628	6 696	2 165
Total SOPLADORA DE POLIETILENO 2	**1 628**	**6 696**	**2 165**
0901209 SOPLADORA POLIET. 3 - F.ENVASE			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	-	-	-
6480.04 MANTTO. DE EDIFICIOS Y CALLES	-	-	-
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	-	-	-
Total 0901209 SOPLADORA POLIET. 3 - F.ENVASE	1 443	1 527	1 477
Total SOPLADORA DE POLIETILENO 3	**1 443**	**1 527**	**1 477**
0901210 SOPLADORA POLIET. 4 - F.ENVASE			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	-	-	-
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	-	-	-
Total 0901210 SOPLADORA POLIET. 4 - F.ENVASE	1 443	1 527	1 477
Total SOPLADORA DE POLIETILENO 4	**1 443**	**1 527**	**1 477**
0901211 SOPLADORA POLIET. 5 - F.ENVASE			
6300 LUBRICANTES			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	571	806	2 135
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	185	185	185
Total 0901211 SOPLADORA POLIET. 5 - F.ENVASE	2 199	2 518	3 797
Total SOPLADORA DE POLIETILENO 5	**2 199**	**2 518**	**3 797**

Continuación tabla XX.

0901212 SOPLADORA POLIET. 6 - F.ENVASE	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
6300 LUBRICANTES			
6480.01 REP. Y MANTTO. A MAQ. Y EQUIP	1 047	570	97
6485.04 SEGURO C/INCENDIOS	1 443	1 527	1 477
6485.08 SEGURO DE VIDA Y GTOS. MÉDICOS	185	185	185
Total 0901212 SOPLADORA POLIET. 6 - F.ENVASE	2 675	2 281	1 760
Total SOPLADORA DE POLIETILENO 6	**2 675**	**2 281**	**1 760**
Total PLÁSTICOS	**264 317**	**318 200**	**282 989**
Total GASTOS DE FABRICACIÓN	**277 174,55**	**363 916,55**	**297 037,58**

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Por lo tanto, de los costos de producción calculados anteriormente, mano de obra, materia prima y gastos de fabricación, se desarrolló un formato para calcular el índice de productividad actual, con datos actuales de septiembre, octubre y noviembre. De ello, se presenta también un comparativo de productividad entre períodos, es decir, comparación de la productividad de noviembre contra la productividad del mes anterior que es octubre y también la comparación de la productividad de octubre contra la productividad del mes anterior, septiembre, el cual está dado por:

$$\text{Porcentaje de variación productividad respecto del periodo anterior} = \frac{(\text{IP del período n}) - (\text{IP del período n-1})}{(\text{IP del período n-1})}$$

Tabla XXI. **Índice de productividad actual**

	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD ACTUAL COMPARACIÓN ENTRE PERÍODOS			
		PERÍODOS		
		Septiembre	Octubre	Noviembre
A	**Unidades producidas**	989 398	636 418	546 068
B	**Costo unitario producción (Q)**	1,02	1,02	1,02
C	**Costo de mano de obra por hora (Q)**	273,66	249,53	259,52
D	**N° de horas empleadas**	520	560	560
E	**Costo de materia prima unitario (Q)**	11,55	11,55	11,55
F	**N° de unidades de materia prima empleadas (Kg)**	31 387	20 168	17 277
G	**Costo de producción (Q)** (A*B)	1 009 185,96	649 146,36	556 989,36
H	**Costo total de mano de obra (Q)** (C*D)	142 301,63	139 736,75	145 331,74
I	**Costo total de materia prima (Q)** (E*F)	362 519,85	232 940,40	199 549,35
J	**Gastos de fabricación (Q)** (Tabla XX)	277 174,55	363 916,55	297 037,58
	Indice de productividad actual = G/(H+I+J)	**1,29**	**0,88**	**0,87**
	Porcentaje de incremento o disminución de productividad respecto al período inmediatamente anterior		- 0,32	- 0,02
	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD ACTUAL PROMEDIO DEL TRIMESTRE	**Índice de productividad actual**		
	1,01	2.00 / 1.00 / 0.00 1.29 / 0.88 / 0.87 Septiembre / Octubre / Noviembre		

Fuente: elaboración propia.

De la figura anterior se determina que el comportamiento del índice de productividad actual comparando entre períodos ha ido disminuyendo en vez de incrementar, desde 1,29 en septiembre hasta un 0,87 en noviembre. Por lo que se determina que la producción de plásticos tiene oportunidad de mejora para controlar sus procesos y lograr un incremento en la productividad. Lo más importante es ir determinando la tendencia por medio del uso del índice de productividad a través de los demás períodos en el departamento de plásticos, realizar correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentable. A continuación se presenta una propuesta de mejora que impactará en la productividad del departamento de plásticos.

2.3. Propuesta de mejora

Seis sigma es una herramienta de mejora de los procesos productivos y de servicios. Es un método ampliamente utilizado en las industrias manufactureras ya que su principal objetivo es medir y reducir la variabilidad o defectos existentes en un proceso, para que pueda aumentar su productividad. Esta herramienta hace un análisis de los factores que provocan estas variabilidades utilizando herramientas estadísticas y el ciclo de mejora DMAIC, (definir, medir, analizar, implementar y controlar).

Según el análisis del proceso de fabricación de envase plástico en la empresa Olmeca S.A, se ha determinado que para poder actuar sobre las causas que generan baja productividad es necesario, en primera instancia, contar con una herramienta adecuada por medio de la cual se pueda implementar un ciclo de mejora continua y con esto determinar e implementar las mejoras que se dispongan. Es importante mencionar que mediante la implementación de esta metodología se logrará medir la cantidad de defectos que existen en el proceso y establecer un sistema eficiente de medición y cuantificación de los mismos así como la repercusión en la productividad que estos defectos generen.

2.3.1. Descripción del modelo Seis Sigma

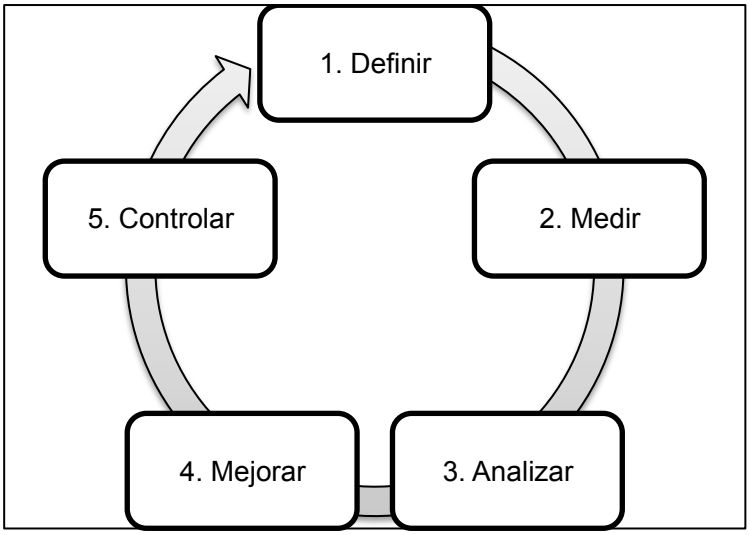
Seis Sigma es una estrategia de mejora continua que busca identificar las causas de los errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos de negocio, enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente. La meta de Seis Sigma, que le da su nombre, es lograr que los procesos tengan una calidad Seis Sigma. Cuantitativamente esto quiere decir tener 3,4 defectos por millón de oportunidades o en otras palabras, estar bien el 99,9997 % de la

veces a la primera. Culturalmente, esto significa que se deben ejecutar los procesos claves casi a la perfección.

Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización en el que se desarrollan proyectos de Seis Sigma a lo largo y ancho con el objetivo de lograr mejoras mediante la eliminación de defectos, retrasos de productos, procesos y transacciones. Esta metodología está constituida por cinco fases:

- Definición
- Medición
- Análisis
- Mejora
- Control

Figura 16. **Modelo DMAIC del Seis Sigma**



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Aplicación del modelo Seis Sigma

A continuación se presenta la aplicación del modelo Seis Sigma al proceso de fabricación de envase. Se describirán los pasos que se llevaron a cabo para implementar dicha metodología, las herramientas y métodos utilizados, las estadísticas y los resultados de las mejoras implementadas, mismas que serán definidas según el orden de implementación.

2.3.2.1. Fase 1: definir

Es la primera fase de la metodología DMAIC, en esta fase se llevan a cabo las siguientes tareas: definir los requerimientos del cliente, descripción de los procesos clave involucrados en la fabricación del envase PET, definir un enunciado del problema y definir las variables criticas del proceso.

- Requerimientos del cliente: el departamento de fabricación de envase plástico en la empresa Olmeca S.A, ha sido establecido con el fin de proveer el envase primario para los productos que la empresa comercializa, en este caso aceite vegetal y aderezos producidos dentro de la fábrica. Por esta razón el “cliente”, en este caso, es el siguiente proceso dentro de la cadena de fabricación de estos alimentos, el área de envasado de aceite y aderezos constituye el cliente que da uso a los envases fabricados por esta área. A continuación se describen los requerimientos que la empresa Olmeca S.A ha definido para lograr un producto conforme para el cliente, en este caso, el departamento de envasado.

Tabla XXII. **Requerimientos del cliente respecto del envase plástico**

Requisito	Norma	Especificación del envase.
Inocuidad del envase	Normas internas de calidad y sistema HACCP	El envase debe estar libre de impurezas y de cualquier tipo de contaminación.
Dimensiones: Diámetro externo de la boca incluida la rosca Diámetro externo de la boca sin la rosca Diámetro interno de la boca Altura del cuerpo Altura total Altura de la boca Altura del cuello	Normas internas	Las dimensiones evaluadas sobre diez envases, deben ser uniformes RSD ≤ 2%.
Determinación del peso	Normas internas	Tolerancia establecida de acuerdo con el peso nominal del envase. +- 3gramos
Resistencia a la presión interna	Normas Internas	Los envases deben resistir una presión mínima de 175 psi por 30 segundos, o 150 psi por 60 segundos.
Resistencia a la temperatura	Normas Internas	Los envases deben resistir una temperatura no menor de 40ºC.
Volumen	Normas Internas	La tolerancia es de +- 5ml
Deformidad	Normas internas	Los envases no deben tener ningún tipo de deformidad, rugosidad, defecto, etc.

Fuente: departamento de Control de Calidad de Olmeca S.A.

Por lo tanto, para cumplir con la satisfacción del cliente es crítico cumplir con la inocuidad del envase, las dimensiones, el peso, la resistencia a la temperatura, el volumen y el cumplimiento a la no deformidad. Esta información es importante para que se le considere como las especificaciones críticas para los controles de calidad por implementar.

- Descripción de los procesos clave involucrados en la fabricación del envase PET: para esto hay que apoyarse con la herramienta SIPOC, que es una de las técnicas más utilizadas en la gestión y mejora de procesos. Se emplea para presentar una perspectiva (de un vistazo) de los flujos de trabajo. El nombre SIPOC, procede de los cinco elementos del diagrama, es el acrónimo inglés de *Supplier* (proveedor), *Input* (entrada), *Process* (proceso), *Output* (salida), *Customer* (cliente).

- Proveedor: es la persona o grupo que suministra información, materiales y otros recursos para el proceso.
- Entrada: es lo suministrado.
- Proceso: el conjunto de etapas que transforman y que idealmente añade valor al resultado.
- Resultado o salida: el producto final del proceso.
- Cliente: la persona, grupo o proceso que recibe el resultado.

A continuación se presentan los diagramas SIPOC de los procesos inyección y soplado para la empresa Olmeca S.A.

Tabla XXIII. **Diagrama SIPOC del proceso de inyección**

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS PROCESO: INYECCIÓN DE PREFORMA	DIAGRAMA SIPOC	OLMECA

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDA	CLIENTES
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN	ORDEN DE PRODUCCIÓN	COLOCACIÓN DEL MOLDE	PRODUCTO FABRICADO (PREFORMAS)	BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO
AREA DE COMPRAS	MATERIAS PRIMAS	PROGRAMACIÓN Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	SOPLADO DE ENVASE PET
BODEGA DE MATERIALES		CORRIDA		

Realizado por: Rolando Mèrida

Fuente: elaboración propia.

De ello se tienen descritos los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas involucrados para el cumplimiento hacia el cliente interno, siendo en este caso de bodega de producto terminado y el área del proceso de soplado de envase PET.

Tabla XXIV. **Diagrama SIPOC del proceso de soplado**

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS PROCESO: SOPLADO DE ENVASE PET	DIAGRAMA SIPOC	OLMECA

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDA	CLIENTES
	ORDEN DE TRABAJO	COLOCACIÓN DEL MOLDE	PRODUCTO FABRICADO (ENVASES)	BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO
CONTROL DE PRODUCCIÓN		PROGRAMACIÓN Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN		DEPARTAMENTO DE ENVASADO
	BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO		EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	
		CORRIDA		PRODUCCIÓN ALIMENTOS REGIA

Realizado por: Rolando Mèrida

Fuente: elaboración propia.

Con la información descrita anteriormente se tiene una perspectiva general que servirá para delimitar el alcance del proyecto, así como las mejoras que se propongan. Es parte fundamental para esta fase de Seis Sigma, determinar claramente el subproceso en el cual se considera que existen las principales fallas que dan lugar al problema que se describirá en adelante.

- Enunciado del problema: existe un incremento en la cantidad de producto no conforme y desperdicio excesivo de materia prima, esto se puede deber a factores relacionados con la falta de mantenimiento preventivo a los equipos. También a la carencia de una metodología adecuada para el control de los procesos y para la calidad de los mismos y a la falta de programas de capacitación técnica de los operadores de los equipos más importantes.

- Definir las variables críticas del proceso: el control de la variabilidad de un proceso solo puede realizarse si se conoce la raíz de dichos cambios, para esto es necesario identificar las variables del producto y del proceso y realizar un análisis profundo para determinar opciones de mejora en estos procesos. Las variables se pueden definir como:

    - Variables del proceso: son todos aquellos factores que son propios del mismo pero que no pueden ser controlados del todo y que no dependen de la empresa o de factores medibles para controlarlos, estos pueden ser: materias primas y materiales, factor humano, tecnología, mediciones y documentación.

    - Variables del producto: son aquellos factores que afectan directamente la calidad del mismo y que pueden ser controlados, medidos y mejorados. Estos son: parámetros de operación, propiedades mecánicas y físicas de los productos, peso, altura y espesor del material y tiempos de ciclo.

Para el estudio actual y tomando en cuenta los análisis anteriores a esta etapa, así como los objetivos del proyecto y los requerimientos de la metodología Seis Sigma, se puede identificar para cada proceso las siguientes variables críticas.

Tabla XXV. **Variables críticas del proceso de inyección y soplado**

Proceso	Variable	Posible falla	Control (Si/No)
Inyección preforma	• Temperatura de secado de la resina. • Presión de llenado del molde • Temperatura de inyección • Temperatura del molde. • Enfriado del molde • Tiempo de inyección • Tiempo de enfriamiento • % Humedad resina	• Preforma quemada • Producto deforme • Especificaciones de peso y altura incorrectas. • Preforma sin brillo ni cristalinidad. • Impurezas • Desperdicio de materia prima • Especificaciones mecánicas no adecuadas.	SI SI SI NO NO NO NO SI
Soplado Envase	• Presión de Inyección • Presión de cierre del molde • Temperatura del horno de calentamiento • Temperatura de enfriamiento • Velocidad de cierre del molde • Presión de pre soplado • Limpieza del aire de soplado	• Deformidad del envase. • Desperdicio de materia prima • Envase con fisuras o roto • Espesor del envase	SI NO SI SI NO NO SI

Fuente: elaboración propia.

Uno de los problemas principales que afectan al proceso de fabricación de envase plástico es el exceso de desperdicio o producto no conforme durante el proceso, que puede ser es el resultado de un control deficiente de las variables

más importantes de este proceso. Lo que se quiere lograr con este análisis es definir las variables sobre las cuales se deben implementar mejores controles o cambiar los procedimientos actuales de medición.

En el cuadro anterior se puede observar que existen muchas de estas variables a las cuales no se les ha aplicado ningún tipo de control, y algunas en las cuales es posible que los controles aplicados no estén cumpliendo su objetivo primordial, conocer esta información es de suma importancia para reducir los defectos o fallas que son producidos debido a la falta de controles respectivos.

2.3.2.2. Fase 2: medir

La fase de medición permitirá entender la condición actual del proceso de fabricación de envases plásticos, antes de intentar identificar mejoras. Durante esta etapa se siguieron estos pasos: identificación de las variables de medición, definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica, plan de recolección de datos, determinación de la capacidad del proceso y el nivel sigma.

- Identificación de las variables de medición: en esta fase se establecerá las variables más importantes y medibles en estos procesos. Cabe resaltar la diferencia entre las variables criticas del proceso y las de medición que se analizarán en este inciso. Las variables críticas, como ya se mencionó anteriormente son las más importantes de medir y controlar para mejorar la productividad de un proceso, ya que de ellas dependen los factores como fallas, no conformidades y desperdicios. Las variables de medición incluidas en esta fase son las que corresponden a la metodología Seis Sigma, que son datos que servirán para controlar de mejor forma el proceso con el objetivo de identificar fallas y corregir los defectos del producto.

Mediante estas variables se pretende determinar en qué parte del proceso se cuenta con la mayor concentración de problemas y defectos. Además de enfocarse en ese proceso o actividad para presentar mejoras que controlen directamente las variables críticas y así mejorar la productividad de cada proceso. Las variables por tomar en cuenta en esta fase son las siguientes:

- Defecto
- Unidad
- Defectos por unidad
- Oportunidades de error
- Defectos por millón de oportunidades
- Índice de tiempo de ciclo

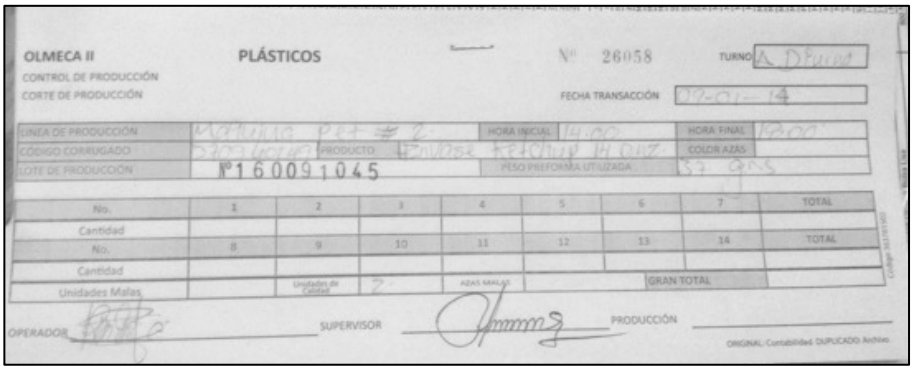
- Plan de recolección de datos: dentro de este proyecto la toma de datos es de suma importancia para realizar el análisis, por esto es que dentro del trabajo de piso en el departamento de plásticos se determinaron los siguientes cuatro pasos para realizar este levantamiento de datos:

    - Paso 1: delimitar el alcance para la toma de datos; los datos que se necesitan para este proyecto y, en general, para determinar las posibles mejoras que se deban realizar debe provenir directamente de la operación de los equipos, y ser proporcionados por los operadores de cada maquina o los dueños de cada proceso.
    - Paso 2: método para la recolección de datos; haciendo un análisis de la forma en que se llevan las estadísticas actualmente en la empresa, se determinó realizar algunos cambios en los formatos de registro de producción en el área. Se establecieron otros

parámetros de información que el operador de cada equipo debe recolectar para establecer las variables descritas en el inciso anterior.

En la imagen siguiente se puede observar las boletas de registro que se llevan en la empresa, las cuales no proporcionan información relevante sobre las fallas y tiempos muertos en la producción. Para corregir esto se propuso la realización de un nuevo formato que servirá para realizar la recolección de datos para este proyecto. Este formato fue avalado por la jefatura del departamento por lo que quedó establecido su uso diario.

Figura 17. **Boleta de registro de control de producción actual**


OLMECA II PLÁSTICOS Nº 26058 TURNO
CONTROL DE PRODUCCIÓN
CORTE DE PRODUCCIÓN
FECHA TRANSACCIÓN
LÍNEA DE PRODUCCIÓN HORA INICIAL HORA FINAL
CÓDIGO CORRUGADO PRODUCTO COLOR AZAS
LOTE DE PRODUCCIÓN Nº160091045 PESO PREFORMA UTILIZADA
No. 1 2 3 4 5 6 7 TOTAL
Cantidad
No. 8 9 10 11 12 13 14 TOTAL
Cantidad
Unidades Malas Unidades de Calidad AZAS MALAS GRAN TOTAL
OPERADOR SUPERVISOR PRODUCCIÓN
ORIGINAL/Contabilidad DUPLICADO Archivo

Fuente: departamento de fabricación de plásticos PET. Olmeca S.A.

Tabla XXVI. **Nuevo formato para control de producción**

DEPARTAMENTO DE PLASTICOS INYECCIÓN / SOPLADO		ORDEN DE PRODUCCIÓN			OLMECA	
				PROCESO:	INYECCIÓN _____	SOPLADO_____
MAQUINA		TOTAL A PRODUCIR (UN)			ORDEN NO. _____	
TURNO		CODIGO CORRUGADO			FECHA:	
OPERADOR		MATERIA PRIMA			H. INICIO	
PRODUCTO		CÓDIGO PRODUCTO			H. FINAL	
DATOS PRODUCCIÓN						
UNIDADES PRODUCIDAS	BUENAS	MALAS	TIPO DEFECTO	CAUSA POSIBLE	C. CALIDAD	
PAROS PRODUCCIÓN						
DESCRIBA LA FALLA						
IRMA OPERADOR_____		FIRMA SUPERVISOR:_____		CONTROL PRODUCCIÓN_____		

Fuente: elaboración propia.

Adicional al formato anterior se propuso una mejora en el registro diario de producción que genera el supervisor de turno, ya que este lo realizaban en un cuaderno, esta forma de llevar el control no es la adecuada debido a que no es posible analizar la información sobre lo relevante durante el turno. Con la aplicación de este nuevo formato se incluye información sobre paros, causas, repuestos o insumos utilizados, tiempos muertos, etcétera. El formato se presenta a continuación.

Figura 18. **Formato para propuesta de mejora: formato estándar para registro de producción**

OLMECA

FORMATO PARA PROPUESTA DE MEJORA

Área: Proceso de Inyección - Departamento de Plásticos — Fecha: 11/05/14

Propone: R. Mérida — No.: 1028FR

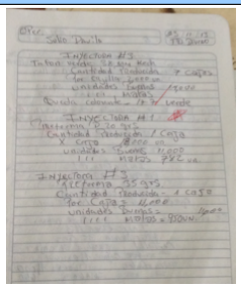
Título del Cambio

Formato estándar para registro de producción

Describa QUÉ se va a hacer

Crear un formato estándar para el registro completo de un turno de producción, con toda la información necesaria y estandarizada para todas las ordenes de producción, sustituyendo el registro actual en un cuaderno, que afecta en muchas ocasiones por el desorden de información, falta de información completa y la información ilegible.

Antes



Formato estándar

Después

Describa CÓMO lo va a hacer

Creando en Microsoft Excel un formato con toda la información necesaria de producción, que consolide la data de cada turno, creando talonarios de este formato estándar para tener copias del mismo y se archivará los registros de cada mes, y se cargará en una base de datos de Excel el consolidado de todos datos para una tendencia.

¿Quién ejecutará el trabajo?	¿Cuál es la causa de la solicitud?
R. Mérida	Obtener información completa, ordenada, legible y registro del comportamiento de cada turno de producción

ES UN CONTROL DE CAMBIOS SI:

El cambio generará una alteración de una tarea o creará una nueva?	Se alterará o generará un nuevo proceso de producción (fórmula, secuencia adición, cantidades, condiciones de operación).	Se realizará instalación de cableado, sistemas de control, sistemas de potencia?	El Cambio afecta la capacidad de Equipo? (Aumento/ Dism. de Consumos, RPM, Golpes por min, etc.) o Altera el sistema de control de pesos	El cambio afecta el sistema contra incendios (hidrantes, mangueras, extintores etc.) o se introduce algún material combustible o inflamable?	Se realizará algún cambio que involucre un sistema crítico (Recipientes a presión, HCl, Equipos Eléctricos Mayores, Calentadores, Componentes del equipo contra incendios, sistema de enzimas, etc)	Se requerirá de alquilar equipo para ejecutar el cambio? (gruas, montacargas, etc.)	El cambio implica la compra de equipo nuevo?	El cambio afecta el diseño de algún equipo? (Instalación/ Relocalización de válvulas, bombas, tanques, diques, tuberías, dispositivos de seguridad, etc)	Cambio que afecta en cualquier forma los sistemas de Control de Polvos, como adición eliminación, cambio de trayectoria, diámetro o longitud de red de ductería, encierros o campanas , diseño de reguladores de aire de los filtros, retiro de placas de orificio, etc	El cambio involucra Materias primas/material de empaque/reactivos nuevos o se realizarán cambios de proveedores, sistemas de empaque, patrones de estiba o medio de Transporte?	El cambio implica una alteración del estándar de almacenaje o el nivel de inventario en planta?	Afecta redes de alcantarillado, chimeneas o cualquier dispositivo utilizado para liberación de desechos. Generará algún tipo de residuo (peligroso/no peligroso) líquido, sólido o gaseoso?	Afecta rutas peatonales, áreas de trabajo, rutas de evaciación, uso de instalaciones, distribución/diseño de planta, edificios, pasillos, columnas, vigas, estructuras o techos? Se requiere de construcción civil?
SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

REQUIERE AUTORIZACIÓN DE PRESUPUESTO SI:

La inversión esta dentro del presupuesto del área	Jefe Producción
La inversión esta fuera del presupuesto del área	Gerente de Operaciones

IMPLEMENTACIÓN AUTORIZADA? SI — NO

FIRMA AUTORIZADA

FIRMA ELABORO

Fuente: elaboración propia.

La presentación de esta mejora se realizó en el formato requerido por la empresa.

- Paso 3: responsabilidad y capacitación. Debido a que la mejora propuesta con el formato para el registro de datos de producción fue avalada por la empresa, la toma de datos corresponderá directamente al operador de cada línea de producción. El uso del formato antes descrito fue dado a conocer a cada operador en la capacitación sobre Seis Sigma.

Figura 19. **Lista de asistencia de la capacitación de inducción a Seis Sigma**

OLMECA

Planta Fraijanes

Listado de Asistencia

Nombre del Entrenamiento: Inducción Seis Sigma
Código del Entrenamiento: 17
Nombre de Entrenador(es): Rolando Mendia
Fecha: 20/03/2014
Duración: 1 hora

Participantes

Nombre Empleado	Puesto	Firma
Carlos fernando Santiago	operador	
Ermer Manuel Alvarez	ayudante	
Salvin Lopez	Operador	
Otto Santos	operador	
Benedicto Lopez	cayente	
Abel Xol	operador	
Joel Mejango	OPERADOR	
Oscar Davila	operador	
Maria Cristina Soto	Limpieza	
Julio Arias	operador	
Jose Flores Trigueros	operador	
Kevin Segura	limpieza	
Carlos Santos B.	Supervisor	
David Lorenzana	operador	

Firma del Entrenador

Fuente: elaboración propia.

- Paso 4: cronograma para la toma de datos. Los datos obtenidos mediante las mejoras del paso 3, serán un parámetro de comparación para determinar cuantitativamente el incremento de la productividad del departamento desde el punto de vista de la metodología Seis Sigma. El cronograma sirve para la toma de datos, análisis de los mismos, implementación de la mejora y resultados.

Tabla XXVII. **Cronograma para la toma de datos y resultados esperados**

Actividad	Fecha realización	Responsable	Resultado esperado
RECOPILACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE LOS PROCESOS (tiempo en el que se adquieren, ordenan y tabulan los datos proporcionados por la empresa)	NOVIEMBRE DICIEMBRE	**R. MERIDA**	• Nivel de producción actual • Nivel de desperdicio • Unidades defectuosas • Nivel sigma actual
RECOLECCIÓN DE DATOS (NUEVA METODOLOGÍA) (proceso de toma de datos con los nuevos formatos y evaluación de la metodología a utilizar)	ENERO FEBRERO	**OPERADORES / SUPERVISOR**	• Nivel de producción • Unidades defectuosas • Tipo de defecto o falla • Tiempos de paro • Causas de los defectos.
ANALISIS DE DATOS, PLANTEAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS (tiempo para analizar los datos recabados y proponer las mejoras a implementar a corto plazo y trabajar en las mejoras a mediano y largo plazo)	MARZO	**R. MERIDA / JEFE DEL ÁREA**	• Índice de capacidad del proceso • Resultados del análisis de productividad (Pareto, causa raíz, grafico de control) • Planteamiento de las mejoras • Cronograma de implementación • Implementación
MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO (ya implementados algunos cambios propuestos y trabajados en el punto anterior, se procede a realizar una nueva toma de datos de producción para poder realizar una análisis comparativo y determinar la efectividad de los planes propuestos.	ABRIL	**R.MERIDA / OPERADORES / SUPERVISORES**	• Nivel de producción actual • Eficiencia real • Numero de defectos • Nivel sigma actual del proceso • Indicadores de productividad.
FINALIZACIÓN DEL TRABAJO DE PISO. (una vez concluida la toma de datos se procede al análisis de resultados para determinar el indicador de mejora en el proceso en estudio.	MAYO	**R. MERIDA**	• Conclusiones del proyecto • Nivel de productividad • Análisis de resultados de las mejoras propuestas

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la capacidad del proceso y el nivel sigma actual, la medición de los procesos es fundamental para plantear mejoras y cambios que redunden en operaciones más eficientes y, por ende, mejoren la rentabilidad de las empresas. La medición en este punto del nivel sigma del proceso brindará un parámetro que será de gran importancia durante el proyecto y es una base fundamental para determinar si las mejoras implementadas y la metodología utilizada han cumplido con los objetivos propuestos. Esta medición se ha realizado en dos fases, el cálculo del nivel sigma actual del proceso y la segunda fase es la medición del nivel sigma después de implementados los cambios y las mejoras que se determinen. Los conceptos y la descripción del cálculo del nivel sigma se describe a continuación.

- Sigma (σ): es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto de su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos.
- Seis Sigma: es una herramienta de gestión, una forma de entender y gestionar la empresa a través de sus procesos y con la perspectiva no solo de satisfacer, sino de hacer feliz al cliente. Permite incrementar los beneficios simplificando los procesos, mejorando la calidad y eliminando errores en todas las actividades de la empresa.
- Unidad: se define como cada uno de los productos que se procesan o manufacturan dentro de un sistema de producción. Es, generalmente, la medida de volumen de salida de un determinado proceso.
- Defectos por millón de oportunidades (DPMO): es el número real de defectos extrapolado a cada 1 000 000 de oportunidades, esto es un indicador de la efectividad de los procesos.
- Oportunidad de defectos (O): porcentaje de productos que se han medido o verificado para detectar si son conformes o no, si se verifican todos los productos entonces O = 100 %.

- Defectos por unidad (DPU): indica la probabilidad de que el producto salga defectuoso.
- Productividad o rendimiento del proceso: marca la probabilidad de que el producto salga conforme.

El nivel sigma indicará el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto sea conforme, su metodología de cálculo es la siguiente:

$$DPU = D / (N \times O)$$

$$Rendimiento = (1 - DPU) \times 100$$

$$DPMO = 1\,000\,000 \times D / (N \times O)$$

En donde: DPU= defectos por unidad, D= productos defectuosos, N= unidades producidas, O= oportunidad de defectos, DPMO= defectos por millón de oportunidades. La siguiente tabla da a conocer la relación entre la variables antes indicadas.

Tabla XXVIII.**Niveles de sigma**

Nivel en Sigma	DPMO	Rendimiento
6	3,40	99,9997 %
5	233	99,98 %
4	6 210	99,3 %
3	66 807	93,3 %
2	308 537	69,15 %
1	690 000	30,85 %
0	933 200	6,68 %

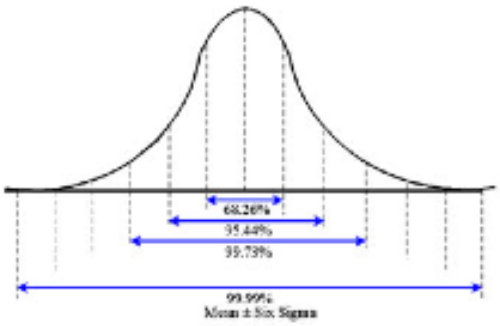
Fuente: BAHENA, Miguel y REYES, Primitivo. *Niveles de sigma. Manual de aplicación de Lean Seis Sigma*. 2006. p.145.

La tabla anterior describe la relación entre los niveles sigma, que van desde 0 sigma hasta 6 sigma, de ahí el nombre de la metodología utilizada, y

los defectos por millón de oportunidades, así como la relación con el rendimiento del proceso. Para aclarar mejor esta relación y la tabla anterior se da la interpretación siguiente.

El nivel sigma de un proceso es una métrica utilizada en la metodología seis sigma, estadísticamente el valor de 6 sigma corresponde a 3,4 defectos por millón de oportunidades, esto refiere en que la variación de un proceso resulta en seis desviaciones estándar del proceso, entre la media del proceso y los límites de especificación del cliente. (Bahena y Reyes, 2006. 145 p.). Para cada nivel sigma corresponde un porcentaje de rendimiento, lo que a su vez genera una métrica denominada defectos por millón de oportunidades (DPMO), gráficamente el anterior concepto puede definirse como:

Figura 20. **Curva normal para el nivel sigma**



Fuente: ALBERETE, Veronica. *Six Sigma. Curva distribución normal para nivel Six Sigma*. p. 3

Área bajo la curva normal, seis sigma representa el 99,9997 % de probabilidad del que el producto este conforme y el proceso genere únicamente 3,4 DPMO (defectos por millón de oportunidades). La letra griega sigma (σ) es utilizada estadísticamente para denominar la desviación estándar (medida de dispersión de los datos respecto al valor medio). Mientras más alto sea el sigma

y consecuentemente menor la desviación estándar, el proceso es mejor, más preciso y menos variable.

Para relacionar este concepto con los objetivos del proyecto sobre la mejora de la productividad, cabe mencionar que este método brindará un parámetro del nivel actual en cuanto a la cantidad de unidades defectuosas por millón de oportunidades, en este caso el objeto de utilizar este método es que las mejoras implementadas puedan reducir los defectos o unidades defectuosas que se generan actualmente durante el proceso, y con esto obtener una mejora en la productividad medida desde el punto de vista de la metodología Seis Sigma.

Por lo que se desarrolla el cálculo del nivel sigma para el proceso de inyección y soplado de envase PET, de acuerdo a la cantidades producidas, unidades defectuosas en el promedio mensual, descritas anteriormente. De ello, se procede a calcular el porcentaje de posibilidades de encontrar defecto (O), luego se procede a calcular el porcentaje de defectos, la productividad por unidades de defectos, defectos por millón de oportunidades (DPMO) y por último se calcula el nivel sigma del proceso, para ello se presenta la siguiente tabla con nivel sigma actual para los procesos de inyección y soplado en septiembre a noviembre de 2013.

Tabla XXIX. **Niveles de sigma para el proceso de inyección y soplado**

OLMECA

NIVEL SIGMA ACTUAL

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS

Diciembre 2013

Elaborado por: R. Mérida

RESULTADOS NIVEL SIGMA MENSUAL

	Mes	PROCESO	PRODUCCIÓN UNIDADES PROMEDIO MENSUAL (N)	UNIDADES DEFECTUOSAS PROMEDIO MENSUAL (D)	PORCENTAJE DE POSIBILIDADES DE ENCONTRAR DEFECTO (O)	Porcentaje de defectos (DPU= D/(NxO))	Productividad (Rto. Del Proceso) P= (1-DPU) X 100)	DPMO= 10000 X D / (N x O)	NIVEL SIGMA DEL PROCESO
2013	Septiembre	Inyección	746 926	8 713	50 %	2,33 %	97,67 %	23 330,29	**3,49**
		Soplado	989 398	55 933	50 %	11,31 %	88,69 %	113 064,71	**2,71**
	Octubre	Inyección	927 279	13 733	50 %	2, 96 %	97,04 %	29 612,00	**3,39**
		Soplado	636 418	43 677	50 %	13,73 %	86,27 %	137 258,85	**2,59**
	Noviembre	Inyección	1 238 629	15 417	50 %	2,49 %	97,51%	24 893,65	**3,46**
		Soplado	546 068	54 778	50 %	20,06 %	79,94 %	200 627,03	**2,34**
	Promedio trimestral		847 453	32 042	50 %	7,56 %	92,44 %	75 619,14	**2,94**

Productividad actual del departamento = nivel sigma actual = 2,94

Niveles Sigma:

Nivel en sigma	DPMO (unidades)	Rendimiento (%)
6	3,4	99,9997
5	233	99,98
4	6 210	99,3
3	66 807	93,3
2	308 437	69,15
1	690 000	30,85
0	933 200	6,68

Conclusión:
Muchos procesos actualmente operan en niveles de sigma 1, 2 y 3. Por lo que se concluye que el departamento de plásticos se encuentra **dentro de los procesos de operación productiva.** Pero aun quedan tres niveles para alcanzar el Seis Sigma, por lo que la mejora continua es fundamental.

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior podemos concluir lo siguiente: El promedio del nivel sigma en los tres meses para el proceso de inyección es de σ=3,45, significa que en promedio el proceso cuenta con una media de 66 807 unidades defectuosas por millón de piezas fabricadas, en base a estos parámetros se implementarán mejoras y se evaluará durante este proyecto si existe un aumento en este nivel que genere menos defectos.

En el caso del proceso de soplado de envase claramente podemos observar un nivel por debajo de los resultados del proceso de inyección de preforma, la métrica sigma obtenida en este proceso detalla la realidad actual del departamento de plásticos, un alto nivel de desperdicio y por ende una baja productividad en el proceso de soplado de envase. El promedio de estos meses

en este proceso se establece en un σ=2,55, este nivel indica que la empresa actualmente tiene 308 437 defectos por millón de piezas elaboradas, y esto mismo equivale a un nivel de rendimiento del 69 % en el proceso.

- Procedimiento para el calculo del nivel sigma: con el objetivo de que en la empresa Olmeca S.A. se pueda llevar a cabo la medición constante del nivel sigma de cada proceso, se implemento un procedimiento con la finalidad de documentar el método y que la empresa pueda beneficiarse de esta herramienta, el objetivo de esto es de que el nivel sigma pueda ser adoptado en estos procesos como un indicador de productividad.

Figura 21. **Procedimiento para el cálculo del nivel sigma del proceso**

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS INYECCIÓN / SOPLADO	NIVEL SIGMA DEL PROCESO	OLMECA

PROCEDIMIENTO DE CONTROL DEL NIVEL SIGMA DEL PROCESO

PROCESO: INYECCIÓN PREFORMA	FECHA DE EMISIÓN: MARZO 2014
RESPONSABLE: DIGITADOR PLÁSTICOS	REVISIÓN: ABRIL 2014
SOLICITANTE: OPERADOR / SUPERVISOR	AUTORIZADO POR: HUGO MARTÍNEZ / ABR.2014

CALCULO DEL NIVEL SIGMA DEL PROCESO

Generalidades: El nivel sigma indicará la variabilidad del proceso para un equipo determinado, esto significa que podremos determinar cuando nuestra operación no cumpla con los parámetros establecidos por la empresa y debemos entonces buscar las causas de los errores o problemas que se están teniendo en nuestros equipos, materiales o parámetros de operación.

Objetivos y Alcance: el objetivo principal de esta metodología es poder determinar un parámetro estadístico que pueda indicarle al personal de la empresa cuando nuestro proceso esta fuera de los parámetros establecidos por la empresa.

Metodología: El uso de esta herramienta estará disponible para cada operador, supervisor o Jefe del departamento, los pasos a seguir para poder hacer uso de la herramienta son los siguientes:
1. El operador o supervisor deberán llevar un cuadro de control del nivel sigma del proceso, el cual se adjunta en los anexos de este procedimiento.
2. La frecuencia de medición del nivel sigma del proceso será SEMANAL y la presentación de resultados será MENSUAL
3. El responsable de realizar dicha calculo con el uso de esta plantilla electrónica será el digitador de esta área, a solicitud del operador o supervisor del área.
4. El supervisor y jefe del departamento realizarán revisiones constantes para determinar si existen parámetros fuera de lo establecido y coordinar las mejoras correspondientes.

Parámetros de control:

ACTUAL		REQUERIDO		META/ ÓPTIMO		SEIS SIGMA
SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO	DPMO
3.63	16672.44	4	6210	5	233	3.4

ANÁLISIS DE RESULTADOS
1. Los resultados serán entregados de forma mensual al Jefe del departamento y a la Gerencia del mismo
2. los resultados deberán ser analizados y se determinarán las acciones correctivas propuestas.
3. Los registros de estos parámetros deberán ser dados a conocer periódicamente a todos los trabajadores del departamento.

Realizado por:	Revisado por:	Autorizado por:
Rolando Mérida	Hugo Martínez	Gerencia Operaciones

Fuente: elaboración propia.

Adicional al procedimiento se diseño una configuración en el programa de Microsoft Excel en cuya plantilla electrónica se podrán ingresar los resultados de la producción de cada máquina inyectora y así utilizar esta métrica para establecer la variabilidad que se esta teniendo el proceso en un momento indicado.

Figura 22. **Plantilla electrónica para el cálculo del nivel sigma del proceso**

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS INYECCIÓN / SOPLADO	NIVEL SIGMA DEL PROCESO	OLMECA
PROCESO: INYECCIÓN PREFORMA		FECHA DE EMISIÓN: MARZO 2014
RESPONSABLE: DIGITADOR PLÁSTICOS		REVISIÓN: ABRIL 2014
SOLICITANTE: OPERADOR / SUPERVISOR		AUTORIZADO POR: HUGO MARTINEZ / ABR.2014

CALCULO DEL NIVEL SIGMA DEL PROCESO

INSTRUCCIONES: INTRODUZCA LOS DATOS QUE SE LE SOLICITAN EN LOS CUADROS COLOR VERDE.

DATOS GENERALES

OPERADOR:		PRODUCTO:	
TURNO:		PREFORMA:	
PROCESO:	INYECCIÓN / SOPLADO	MATERIA PRIMA:	
MÁQUINA:		FECHA:	

INSTRUCCIONES: INTRODUZCA LOS DATOS DE LA PRODUCCIÓN DEL DÍA / SEMANA / MES / AÑO

TABLA DE CALCULO DEL NIVEL SIGMA DE UN PROCESO

1. Número de unidades procesadas	N=	4500	D= Número de unidades producidas en un período de tiempo (INTRODUZCA EL No. DE UNIDADES PRODUCIDAS
2. Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto	O=	50%	O= Porcentaje de productos que se han verificado (50%)
3. Numero de defectos detectados	D=	5	D= Número de productos que han resultado con defecto, retenidos o que se han llevado a reproceso. (INTRODUZCA EL NÚMERO DE UNIDADES DEFECTUOSAS)
4. Porcentaje de Defectos	DPU=D/(NxO)	0.2%	DPU= PROBABILIDAD DE QUE EL PRODUCTO ESTE DEFECTUOSO
5. Productividad (Rto. del proceso)	R=(1-DPU)x100	99.8%	R= RENDIMIENTO (Probabilidad de que el proceso sea conforme
6.	Nivel sigma del proceso =	4.34	NIVEL SIGMA

RESULTADOS
Parámetros de control:

ACTUAL		REQUERIDO		META/ ÓPTIMO		SEIS SIGMA
SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO	DPMO
3.63	16672.44	4	6210	5	233	3.4

IMPORTANTE: EL DIGITADOR DEBERÁ TABULAR LOS RESULTADOS DE CADA UNA DE LAS MEDICIONES REALIZADAS CON ESTA PLANTILLA, Y PRESENTAR UN INFORME MENSUAL AL JEFE DEL DEPARTAMENTO CON LOS RESULTADOS DE CADA LÍNEA O MAQUINA DE PRODUCCIÓN, DEBIDAMENTE ORDENADO PARA LA INTERPRETACIÓN CORRECTA DE LOS RESULTADOS.

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

Fuente: elaboración propia.

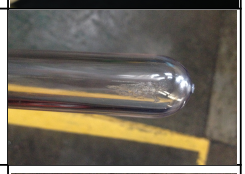
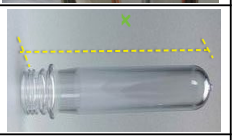
El uso del programa de Excel para esta aplicación ayudará a realizar los cálculos con una mayor exactitud y rapidez para los digitadores. Tal y como se indica en el procedimiento de control del nivel sigma del proceso, esta herramienta podrá ser utilizada como un parámetro de medición de la variabilidad de cada proceso de producción en el departamento de fabricación de plásticos, los parámetros que se definieron con en base a los resultados del nivel sigma actual, y como un requerimiento de la empresa se estableció que el nivel aceptable sería aumentar el parámetro actual hasta un nivel 4 sigma, esto corresponde a una disminución de 10 662,44 defectos por millón de oportunidades en su proceso, y los niveles arriba de 4 sigma serían un objetivo a mediano plazo para esta empresa.

2.3.2.3. Fase 3: analizar

En esta fase se procede a analizar todos los datos obtenidos en la fase anterior de medir, por lo que se presenta información de las operaciones de inyección y de soplado respecto de las unidades producidas, unidades defectuosas, tipo de defecto y cantidad de unidades defectuosas por tipo de defecto, para posteriormente realizar el análisis de los defectos más recurrentes mediante la aplicación del diagrama de Pareto.

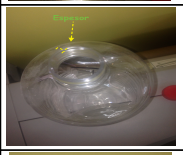
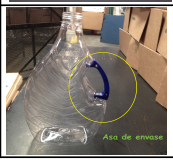
Para obtener datos más concretos sobre las principales causas de la recurrencia de defectos y desperdicio de los procesos de inyección y soplado se documentaron aquellos detectados durante el proceso, posteriormente se realizó una estadística para un período de tres meses. Estos defectos se dividieron por defecto de atributos y tipo de defecto de variables.

Tabla XXX. **Descripción de defectos de los procesos de inyección de envase PET**

DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS			OLMECA
PROCESO: INYECCIÓN	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD		RESPONSABLE: C.CALIDAD
DEFECTO	**DESCRIPCIÓN**	**POSIBLES CAUSAS**	**IMAGEN**
PUNTO FRÍO	Es cuando se concentran formas de “gotas” en las paredes de la preforma	Control de parámetros, principalmente en la temperatura del molde.	
RUGOSIDAD	La preforma contiene partes ásperas o rugosas en las paredes de la misma	Se debe principalmente al control de la presión de trabajo.	
DEFORMACIÓN	Las preformas no toman la forma del molde, o posterior a ser inyectadas tienden a deformarse	Principalmente, por exceso de temperatura, en molde y en la inyección.	
PREF. QUEMADA	Preforma de color obscuro, casi negro.	Al realizar paros o cuando se inicia a trabajar y mientras la máquina alcanza condiciones de trabajo.	
REBABA	Exceso de material alrededor de la preforma, en los puntos de inyección y en la boquilla.	Tiempo de abrir y cerrar el molde, puede suceder también por suciedad en el molde o mala inyección.	
LARGO BOQUILLA	Cuando no coincide el tamaño especifico de la boquilla, existen de 38mm, 28mm, 68mm.	Molde dañado, o falta de limpieza y mantenimiento del molde.	
TAMAÑO PREFORMA	La preforma no cumple las especificaciones de altura y diámetro.	Baja presión en llenado, ductos tapados por plástico solido. Mala inyección del molde.	
PESO	La preforma no cumple las especificaciones de peso, existen desde 15 gramos hasta 100 gramos.	Baja presión en llenado, ductos tapados por plástico solido. Mala inyección del molde.	
ESPESOR PREFORMA	La preforma no cumple con las especificaciones requeridas para cada producto.	Baja presión en llenado, ductos tapados por plástico solido. Mala inyección del molde.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Descripción de defectos de los procesos de soplado de envase PET**

DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS			OLMECA
PROCESO: SOPLADO	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD		RESPONSABLE: C.CALIDAD
APARIENCIA OPACA	El envase no tiene la transparencia adecuada y a simple vista no se observa cristalino	Materia prima (preforma) opaca,	
DEFORMIDAD ENVASE	Cuando el envase cuenta con deformidades en sus paredes o forma general.	Puede ser debido al molde en mal estado. Tiempo y temperatura de enfriamiento del molde inadecuados.	
PERFORACIÓN PUNTO INYECCIÓN	Cuando se observa un pequeña perforación en el punto inferior sobre la base del envase, también llamado "punto de inyección".	Parámetros de presión o fallas en el sistema de aire comprimido o sistemas de medición de presiones de aire.	
IMPUREZAS	Pequeñas contaminaciones del producto.	Manejo inadecuado de las preformas en bodega, falta de limpieza del área, control de plagas.	
ENVASE RASGADO	Envase con pequeñas fisuras o desgarres principalmente en las paredes del envase.	Por mal control de parámetros de operación.	
ENVASE NUBLADO	Envase que no cumple con las especificaciones de cristalinidad y transparencia.	Puede ocurrir por materia prima en mal estado, o falta de control en los parámetros de operación,	
ESPESOR	Envase no cumple con los parámetros de espesor requeridos.	Problemas de presión de inyección, o puede ser por mal calentamiento de la preforma previo al soplado del envase.	
ANCHO Y ALTURA ENVASE	Envase no cumple con los parámetros de espesor requeridos.	Problemas de presión de inyección, o puede ser por mal calentamiento de la preforma previo al soplado del envase.	
COLOCACIÓN DE ASA	El ASA del envase es un plástico que se le agrega al envase manualmente justo después de ser soplado, el ASA sirve para que el usuario pueda agarrar o sostener el envase.	Cuando el molde esta desgastado o por falta de mantenimiento del mismo. Destreza del operador, o por problemas de soplado.	

Fuente: elaboración propia.

Con la documentación de los principales defectos se logró clasificar dichas no conformidades, tanto de la preforma como del envase. Se consiguió establecer las posibles causas de los mismos, las cuales serán analizadas con detalle posteriormente. Esta descripción de los defectos será de ayuda para la empresa ya que con esto se ha podido identificar las fallas principales en cada línea, y con esto se tendrá la información más detallada para tomar acciones correctivas y plantear cambios y mejoras en los procesos, todo esto con la finalidad de mejorar la productividad y reducir defectos.

Tabla XXXII. **Variables de medición del proceso de inyección**

Total producción (Unid)	Total defectuosos (Unid)	Tipo de defecto		Cantidad
2 793 400	42 234	Atributos	Punto frío	12 490
			Rugosidad	15 564
			Deformación	456
			Quemada	2 345
			Rebaba	4 570
		Variables	Largo de boquilla	2 345
			Largo de preforma	233
			Peso	1 136
			Espesor preforma	3 095
			TOTAL	**42 234**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII.**Variables de medición del proceso de soplado**

Total producción (Unid)	Total defectuosos (Unid)	Tipo de defecto		Cantidad
1 214 850	69 984	Atributos	Apariencia opaca	15 453
			Deformidades	28 562
			Perforaciones punto inyección	3 923
			Impurezas	345
			Envase rasgado	2 322
			Envase nublado	2 993
		Variables	Espesor variable	687
			Ancho del envase	2 333
			Altura envase	982
			Colocación del asa	12 384
			TOTAL	**69 984**

Fuente: elaboración propia.

De ello, se observa que se tienen 42 234 unidades defectuosas en total del proceso de inyección, y 69 984 unidades defectuosas en total del proceso de soplado, para ello se preparó otra tabla ordenando los datos según recurrencia del tipo de defecto para el análisis.

Tabla XXXIV. **Recurrencia de unidades defectuosas en el proceso de inyección**

Defecto	Defectuosos (Unid)	%	Porcentaje acumulado
Rugosidad	**15 564**	**37 %**	**37 %**
Punto frío	**12 490**	**30 %**	**66 %**
Rebaba	**4 570**	**11 %**	**77 %**
Espesor preforma	**3 095**	**7 %**	**85 %**
Quemada	2 345	6 %	90 %
Largo de boquilla	2 345	6 %	96 %
Peso	1 136	3 %	98 %
Deformación	456	1 %	99 %
Largo de preforma	233	1 %	100 %
TOTAL	42 234	100 %	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Recurrencia de unidades defectuosas en el proceso de soplado**

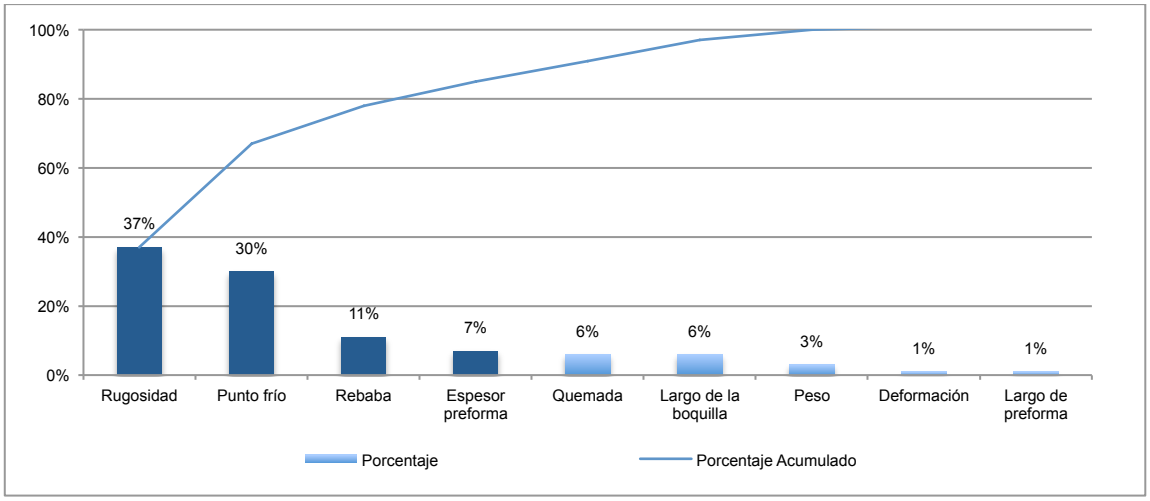
Defecto	Defectuosos (Unid)	%	Porcentaje acumulado
Deformidades	**28 562**	**41 %**	**41 %**
Apariencia opaca	**15 453**	**22 %**	**63 %**
Colocación del asa	**12 384**	**18 %**	**81 %**
Perforaciones punto inyección	3 923	6 %	86 %
Envase nublado	2 993	4 %	90 %
Ancho del envase	2 333	3 %	94 %
Envase rasgado	2 322	3 %	97 %
Altura envase	982	1 %	99 %
Espesor variable	687	1 %	100 %
Impurezas	345	0 %	100 %
TOTAL	69 984	100 %	

Fuente: elaboración propia.

De las tablas anteriores se calculan los porcentajes acumulados para realizar los gráficos de Pareto, donde se visualiza el 80 % de los defectos más

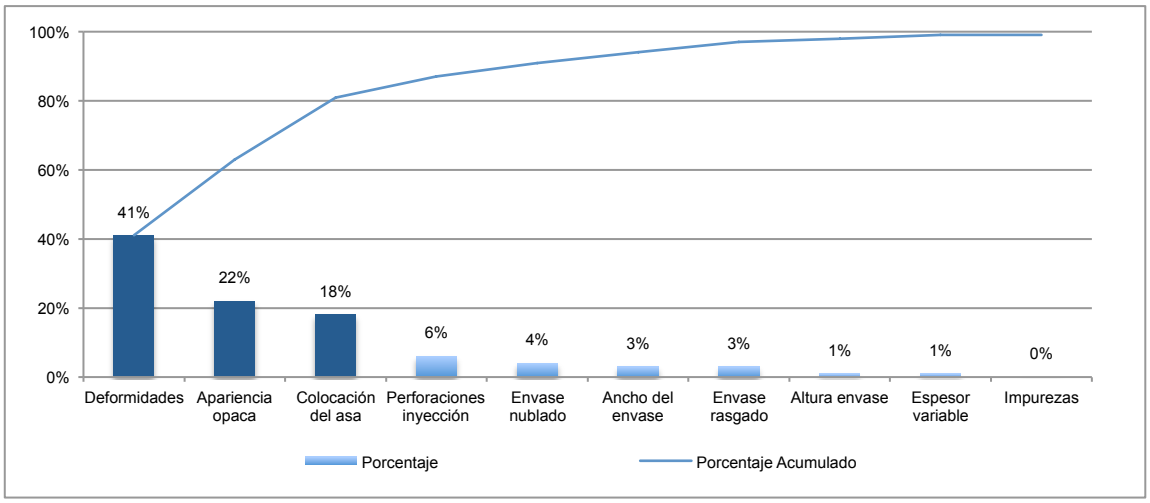
recurrentes. Se presentan sombreados los mayores defectos, en el proceso de inyección: rugosidad, punto frío, rebaba y espesor de la preforma. En el proceso de soplado son: deformidades, apariencia opaca y colocación del asa.

Figura 23. **Gráfico de Pareto para las unidades defectuosas del proceso de inyección**



Fuente: elaboración propia.

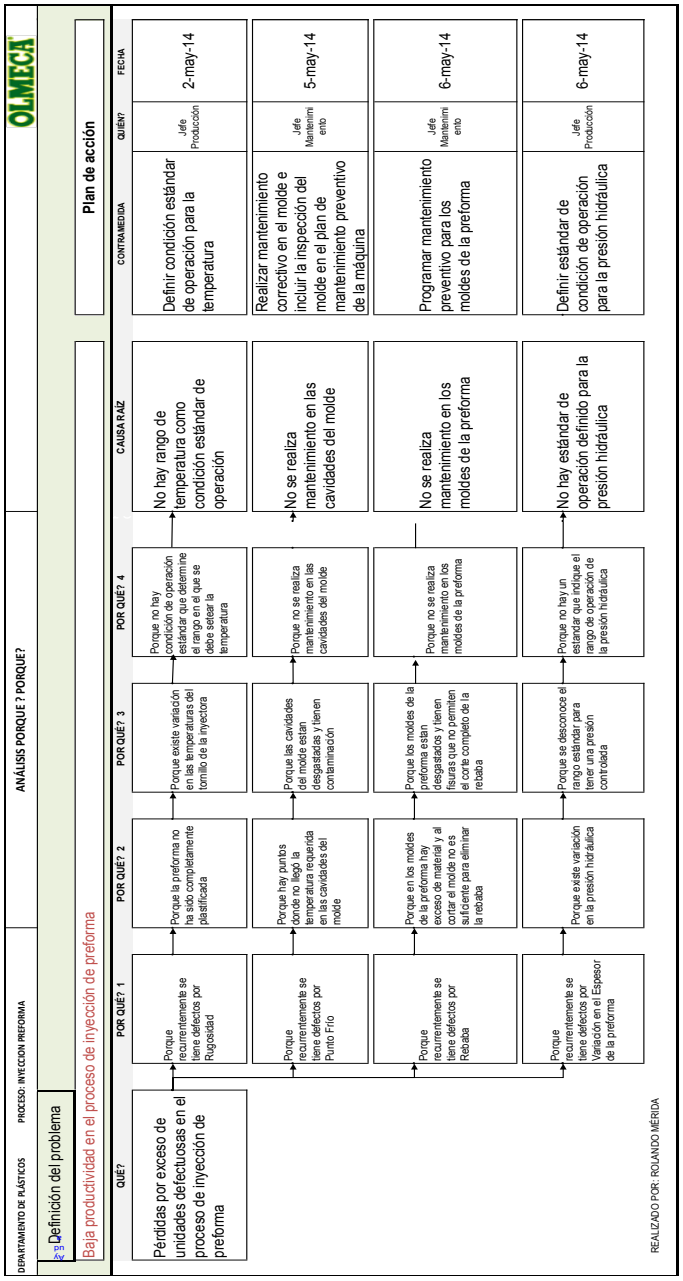
Figura 24. **Gráfico de Pareto para las unidades defectuosas del proceso de soplado**



Fuente: elaboración propia.

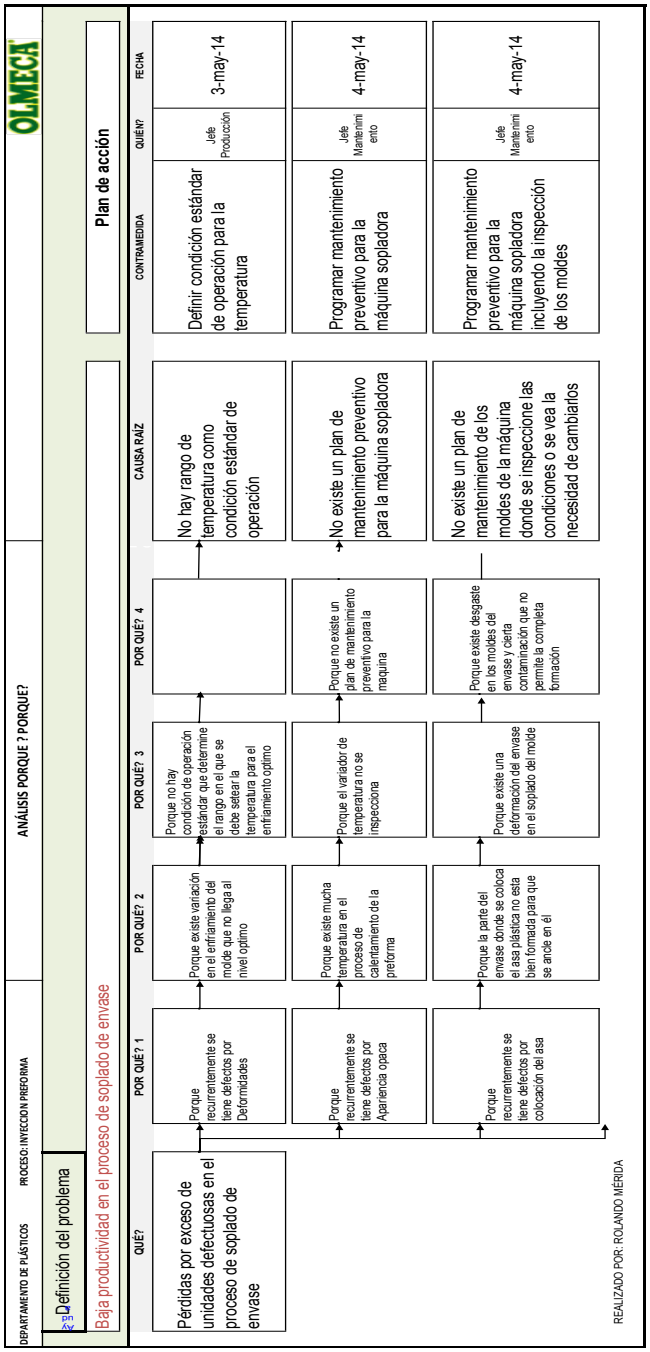
De los gráficos de Pareto anteriores, donde se presentó el 80 % de los defectos más recurrentes por proceso, se procede a realizar el respectivo análisis de cada uno para identificar las causas raíces y proponer planes de acción para la mejora continua del departamento de fabricación de plástico con la herramienta porqué - porqué se espera reducir las unidades defectuosas, para el incremento en la productividad.

Figura 25. **Diagrama porqué - porqué para el análisis de defectos en el proceso de inyección de preforma**



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Diagrama porqué - porqué para el análisis de defectos en el proceso de soplado**



Fuente: elaboración propia.

Existen varias causas adicionales que se podrían considerar para garantizar la disminución de pérdidas por unidades defectuosas en ambos procesos de inyección y soplado, como falta de controles de calidad para garantizar un filtro durante la producción, falta de condiciones de operación en estándar para tener parámetros definidos, falta de capacitación constante al personal, falta de programas de mantenimiento preventivo a la maquinaria, y procedimientos escritos estandarizados para asegurar la correcta operación, siendo más eficientes. Para ello, se prepararán en la siguiente fase propuestas de mejora que contemplen estas causas que provocan las pérdidas en el departamento de fabricación de plásticos y se logre así el incremento en la productividad.

2.3.2.4. Fase 4: mejorar

De acuerdo con las causas y planes de acción determinadas en la fase anterior se desarrolla un plan de propuestas de mejoras para todo el departamento de fabricación donde se proponen cambios que influyen en la eficiencia de las líneas de inyección y soplado, como la implementación de sistemas de control que impactarán en la reducción de unidades defectuosas en el departamento alcanzando un incremento en la productividad de los procesos. Dentro de las propuestas se logró implementar el 67 % de las mejoras y el resto queda como propuesta para que el departamento evalúe la autorización de la implementación.

Tabla XXXVI. **Plan de propuestas de mejoras**

OLMECA

PLAN DE PROPUESTAS DE MEJORAS
DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS

Mayo 2014
Elaborado por: R. Mérida

#	Propuesta de mejora	Descripción	Propósito	Implementación	Resultado
1	**Control de calidad**	Definición de estándares técnicos para evaluación de defectos	Cumplimiento a las especificaciones de calidad	Queda como propuesta para el departamento de calidad lo termine de definir	No aplica
2		Definición de formatos estándar para el control e inspección del producto durante el proceso	Cero incidentes de calidad por falta de cumplimiento de las especificaciones de calidad	Formatos estándar para el control e inspección	Reducción de unidades defectuosas por mayor control de defectos
3		Definición de gráficos de control para medir los parámetros de calidad	Cero incidentes de calidad por falta de cumplimiento de las especificaciones de calidad	Queda como propuesta para el departamento de calidad lo termine de definir	No aplica
4		Definición de procedimientos estándar para operar y controlar los procesos	Cero incidentes de calidad por falta de conocimiento del procedimiento	Procedimientos estándar para procesos	Reducción de unidades defectuosas por seguimiento a los procedimientos
5	**Control de procesos**	Definición de condiciones de operación para el control de procesos como temperatura, presión, etc.	Reducción de productos defectuosos por mal seteo de condiciones de operación	Condiciones de operación	Reducción de unidades defectuosas por cumplimiento de condiciones de operación
6		Creación de un formato estándar para el registro completo de un turno de producción, con toda la información necesaria y estandarizada	Obtener información completa, ordenada, legible y registro del comportamiento de cada turno de producción	Formato estándar para registros	Información completa, ordenada, legible y control de los turnos de producción que cumplan con lo solicitado en las ordenes de producción
7	**Mantenimiento Preventivo**	Definición de un plan de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza	Cero paros y fallas de máquinas por falta de mantenimiento	Plan de mantenimiento preventivo	Reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en la máquina
8	**Optimización de recursos**	Reducción de tiempos por cambios de moldes en cada presentación a través de la metodología de tiempos cronometrados y actividades que agregan valor	Reducir tiempos en cada cambio de presentación	Queda definido como propuesta para que el departamento analice la implementación	No aplica
9	**Capacitación**	Capacitación al personal del departamento de fabricación	Cero incidentes de calidad por falta de conocimiento de los procesos	Capacitación al personal	Reducción de incidentes de calidad por falta de conocimiento
10	**Proyectos de ahorro**	Reducción de peso mediante la reducción del tamaño de la boquilla de los envases	Ahorro en costos por reducir 2 gramos de materia prima por envases	Reducción de peso	Reducción del 6% de costos en utilización de materia prima

Fuente: elaboración propia.

A continuación se redacta una lista con las mejoras implementadas, dentro de las cuales se encuentran procedimientos, instructivos y programas como parte de la estandarización de los procesos:

- Formato de propuesta de mejora: reducir tiempos en cada cambio de presentación.
- Formato de propuesta de mejora: reducción de peso de la preforma mediante la reducción del tamaño de la boquilla.
- Programación del mantenimiento preventivo.
- Procedimiento para el plan de mantenimiento preventivo para el proceso de inyección y soplado de envase PET.
- Instructivo de mantenimiento preventivo inyección.
- Instructivo de mantenimiento preventivo soplado.
- Instructivo de mantenimiento preventivo chiller.
- Instructivo de mantenimiento preventivo torre de enfriamiento.
- Procedimiento de arranque y paro inyectoras y sopladoras PET.
- Procedimiento de inspección en línea del proceso de inyección y soplado de envase PET.
- Formato estándar de inspección en línea.

Para cada una de estas mejoras se describe a continuación su propósito y el resultado como impacto en el incremento de productividad.

Propuesta de mejora: optimización de recursos. Nombre de la mejora: formato de propuesta de mejora: reducir tiempos en cada cambio de presentación. Descripción: reducción de tiempos por cambios de moldes en cada presentación a través de la metodología de tiempos cronometrados y actividades que agregan valor. Propósito: reducir tiempos en cada cambio de presentación. Resultado: pendiente, hasta que la empresa lo implemente ya que queda como propuesta de mejora por implementar.

Figura 27. **Formato de propuesta de mejora: reducir tiempos en cada cambio de presentación**

OLMECA

FORMATO PARA PROPUESTA DE MEJORA

Área: Proceso de Inyección - Departamento de Plásticos — Fecha: 13/05/14

Propone: R. Mérida — No.: 1029FR

Titulo del Cambio

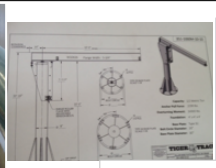
Reducir tiempos en cada cambio de presentación

Describa QUÉ se va a hacer

Reducir tiempos en las actividades de cambio de moldes para cuando se realiza cambio de presentación, actualmente el cambio se realiza con la ayuda de un montacargas que pertenece a otro departamento que esta distante al depto de plasticos, el montacargas debe ingresar al area de producción lo cual no es adecuado ya que falta a las normas de seguridad e inocuidad de alimentos, luego al ingresar el montacargas se debe adaptar las cuchillas del montacargas mediante las cuales se sostiene una cadena que se sujeta a cada molde (2), levantandono de su lugar y colocandolo a un costado de la máquina, el mismo procedimiento se realiza para montar de nuevo los moldes, este procedimiento conlleva un tiempo aproximado de 75 minutos, siendo estos tiempos tomados como tiempos de paro de producción que afecta en la eficiencia de la línea de inyección, este procedimiento actual afecta la integridad de los empleados, materiales, producto terminado y la eficiencia de producción.

Antes

Después



Polipasto

Describa CÓMO lo va a hacer

Implementar el uso de tecnología para el movimiento de moldes durante el cambio de presentación en maquinas inyectoras de preforma, por medio de la instalación de un sistema de cargas por medio de polipasto para reducir 35 minutos en tiempos de cambio de presentación por cambio de moldes. Por medio del equipo de mantenimiento y el proveedor INMAPRISA quien proporciona el sistema de cargas, en donde se realizan ajustes para adaptarlo a las dimensiones de los moldes, luego se realizaran pruebas de cargas en cambio de moldes para verificar el tiempo reducido y que no exista un riesgo en la seguridad del operador.

¿Quién ejecutará el trabajo?	¿Cuál es la causa de la solicitud?
Personal de mantenimiento y proveedor de equipo INMAPRISA	Aumentar la eficiencia de la línea de inyección por medio de la reducción en tiempos por paros de máquina por cambio de moldes

ES UN CONTROL DE CAMBIOS SI:

El cambio generará una alteración de una tarea o creará una nueva?	Se alterará o generará un nuevo proceso de producción (fórmula, secuencia adición, cantidades, condiciones de operación).	Se realizará instalación de cableado, sistemas de control, sistemas de potencia?	El Cambio afecta la capacidad de Equipo? (Aumento/ Dism. de Consumos, RPM, Golpes por min, etc.) o Altera el sistema de control de pesos	El cambio afecta el sistema contra incendios (hidrantes, mangueras, extintores etc.) o se introduce algún material combustible o inflamable?	Se realizará algún cambio que involucre un sistema crítico (Recipientes a presión, HCl, Equipos Eléctricos Mayores, Calentadores, Componentes del equipo contra incendios, sistema de enzimas, etc)	Se requerirá de alquilar equipo para ejecutar el cambio? (gruas, montacargas, etc.)	El cambio implica la compra de equipo nuevo?	El cambio afecta el diseño de algún equipo? (Instalación/ Relocalización de válvulas, bombas, tanques, diques, tuberías, dispositivos de seguridad, etc)	Cambio que afecta en cualquier forma los sistemas de Control de Polvos, como adición eliminación, cambio de trayectoria, diámetro o longitud de red de ductería, encierros o campanas , diseño de reguladores de aire de los filtros, retiro de placas de orificio, etc	El cambio involucra Materias primas/material de empaque/reactivos nuevos o se realizarán cambios de proveedores, sistemas de empaque, patrones de estiba o medio de Transporte?	El cambio implica una alteración del estándar de almacenaje o el nivel de inventario en planta?	Afecta redes de alcantarillado, chimeneas o cualquier dispositivo utilizado para liberación de desechos. Generará algún tipo de residuo (peligroso/no peligroso) líquido, sólido o gaseoso?	Afecta rutas peatonales, áreas de trabajo, rutas de evaciación, uso de instalaciones, distribución/diseño de planta, edificios, pasillos, columnas, vigas, estructuras o techos? Se requiere de construcción civil?
SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI

REQUIERE AUTORIZACIÓN DE PRESUPUESTO SI:

La inversión esta dentro del presupuesto del área	Jefe Producción
La inversión esta fuera del presupuesto del área	Gerente de Operaciones

IMPLEMENTACIÓN AUTORIZADA? SI — NO

FIRMA AUTORIZADA

FIRMA ELABORO

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: proyectos de ahorro. Nombre de la mejora: formato de propuesta de mejora: reducción de peso de la preforma mediante la reducción del tamaño de la boquilla. Descripción: reducción de peso mediante la reducción del tamaño de la boquilla de los envases. Propósito: ahorrar en costos por reducir 2 gramos de materia prima por envases. Resultado: reducción del 6 % de costos en utilización de materia prima.

Figura 28. **Formato de propuesta de mejora: reducción de peso de la preforma mediante la reducción del tamaño de la boquilla**

OLMECA

FORMATO PARA PROPUESTA DE MEJORA

Área	Proceso de Inyección - Departamento de Plásticos	Fecha	16/05/14
Propone	R. Mérida	No.	1030FR

Titulo del Cambio

Reducción de peso de la preforma mediante la reducción del tamaño de la boquilla

Describa QUÉ se va a hacer

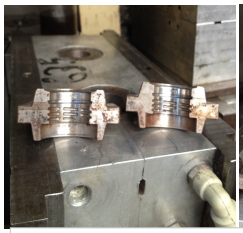
Reducir 2 gramos del peso actual de la prefoma SHORT CAP, de 35 gramos a 33 gramos, mediante la reducción del tamaño de la boquilla, de 1.2mm, de 20mm a 16.8mm mediante el cambio en el diseño del molde en la parte de la boquilla de la preforma, aplicado a todos las presentaciones

Antes

Tamaño de Boquilla antes 38mm

Después

Tamaño de Boquilla despues 36mm (Reducción 2mm)



Ajuste de coronas del molde de la boquilla para la reducción de 1.2 mm

Resultado satifactorio en producción

Describa CÓMO lo va a hacer

Realizando ajustes en las coronas de los moldes de las boquillas para la reducción de 1.2mm que hacen que la preforma pese 2 gramos menos. Este cambio en el diseño de las coronas es realizado por el equipo de mantenimiento. Luego realizando pruebas en la taponadora y llenadora cumpliendo con el volumen y el embalaje.

¿Quién ejecutará el trabajo?	¿Cuál es la causa de la solicitud?
Personal de mantenimiento	Reducción de costos en utilización de materia prima

ES UN CONTROL DE CAMBIOS SI:

El cambio generará una alteración de una tarea o creará una nueva?	Se alterará o generará un nuevo proceso de producción (fórmula, secuencia adición, cantidades, condiciones de operación).	Se realizará instalación de cableado, sistemas de control, sistemas de potencia?	El Cambio afecta la capacidad de Equipo? (Aumento/ Dism. de Consumos, RPM, Golpes por min, etc.) o Altera el sistema de control de pesos	El cambio afecta el sistema contra incendios (hidrantes, mangueras, extintores etc.) o se introduce algún material combustible o inflamable?	Se realizará algún cambio que involucre un sistema crítico (Recipientes a presión, HCl, Equipos Eléctricos Mayores, Calentadores, Componentes del equipo contra incendios, sistema de enzimas, etc)	Se requerirá de alquilar equipo para ejecutar el cambio? (gruas, montacargas, etc.)	El cambio implica la compra de equipo nuevo?	El cambio afecta el diseño de algún equipo? (Instalación/ Relocalización de válvulas, bombas, tanques, diques, tuberías, dispositivos de seguridad, etc)	Cambio que afecta en cualquier forma los sistemas de Control de Polvos, como adición eliminación, cambio de trayectoria, diámetro o longitud de red de ductería, encierros o campanas , diseño de reguladores de aire de los filtros, retiro de placas de orificio, etc	El cambio involucra Materias primas/material de empaque/reactivos nuevos o se realizarán cambios de proveedores, sistemas de empaque, patrones de estiba o medio de Transporte?	El cambio implica una alteración del estándar de almacenaje o el nivel de inventario en planta?	Afecta redes de alcantarillado, chimeneas o cualquier dispositivo utilizado para liberación de desechos. Generará algún tipo de residuo (peligroso/no peligroso) líquido, sólido o gaseoso?	Afecta rutas peatonales, áreas de trabajo, rutas de evacuación, uso de instalaciones, distribución/diseño de planta, edificios, pasillos, columnas, vigas, estructuras o techos? Se requiere de construcción civil?
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO

REQUIERE AUTORIZACIÓN DE PRESUPUESTO SI:

La inversión esta dentro del presupuesto del área	Jefe Producción
La inversión esta fuera del presupuesto del área	Gerente de Operaciones

IMPLEMENTACIÓN AUTORIZADA? SI NO

FIRMA AUTORIZADA

FIRMA ELABORO

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: mantenimiento preventivo. Nombre de la mejora: programación del mantenimiento preventivo. Descripción: definición de un plan de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza. Propósito: cero paros y fallas de máquinas por falta de mantenimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en la máquina.

Figura 29. **Programación del mantenimiento preventivo**

PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO								OLMECA
AREA:			RESPONSABLE:					
PROCESO:			AÑO:					
EQUIPO	FASE DE MTTO.	FRECUENCIA				T.R (Min)	MARCHA / PARADA	RESPONSABLE
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	HORAS			
INYECTORAS 1 Y 2	LIMPIEZA	x				10	P	Operador
	ENGRASE			X		15	P	Operador
	INSPECCIÓN		x			4	M	Operador
	CAMBIO PIEZAS			X		25	P	Mecánico
	REPORTE REGISTROS			x		10	M	Supervisor
	TODAS LAS ANTERIORES			x	1000 H	120	P	Mantenimiento
SOPLADORAS 1,2,3	LIMPIEZA	X				20	P	Operador
	ENGRASE		X			24	P	Operador
	INSPECCIÓN		X			7	M	Operador
	CAMBIO PIEZAS			X		30	P	Mecánico
	REPORTE REGISTROS			X		10	M	Supervisor
	TODAS LAS ANTERIORES			X	1000 H	180	P	Mantenimiento
CHILLER (SISTEMA ENFRIAMIENTO)	LIMPIEZA		X			10	P	Operador
	ENGRASE			X		10	P	Operador
	INSPECCIÓN		X			3	M	Operador
	CAMBIO PIEZAS				X	60	P	Mecánico
	REPORTE REGISTROS			X		10	M	Supervisor
	TODAS LAS ANTERIORES			X	2000 H	180	P	Mantenimiento
DESHUMIDIFICADOR	LIMPIEZA	X				15	P	Operador
	ENGRASE			X		10	P	Operador
	INSPECCIÓN		X			3	M	Operador
	CAMBIO PIEZAS			X	1000 H	30	P	Mecánico
	REPORTE REGISTROS			X		10	M	Supervisor
	TODAS LAS ANTERIORES			X		60	P	Mantenimiento
COMPRESORES DE ALTA (SISTEMA NEUMÁTICO)	LIMPIEZA			X		120	P	Mantenimiento Sub contratado
	ENGRASE			X				
	INSPECCIÓN			X				
	CAMBIO PIEZAS			X				
	REPORTE REGISTROS			X				
	TODAS LAS ANTERIORES			X	2000 H			
TORRES DE ENFRIAMIENTO	LIMPIEZA			X		320	p	Mecánico
	ENGRASE			X				Mecánico
	INSPECCIÓN			X				Mecánico
	CAMBIO PIEZAS			X				Mecánico
	REPORTE REGISTROS			X				Supervisor
	TODAS LAS ANTERIORES			X	5000 H			Mantenimiento
SISTEMA HIDRAULICO (BOMBAS MOTORES)	LIMPIEZA	x				10	P	Mecánico
	ENGRASE		x			15	P	Mecánico
	INSPECCIÓN	x				15	P	Mecánico
	CAMBIO PIEZAS		x			30	P	Mecánico
	REPORTE REGISTROS		x			15	M	Supervisor
	TODAS LAS ANTERIORES			x	2000 H	120	P	Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: mantenimiento preventivo. Nombre de la mejora: procedimiento para el plan de mantenimiento preventivo para el proceso de inyección y soplado de envase PET. Descripción: definición de un plan documentado de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza. Propósito: cero paros y fallas de máquinas por falta de mantenimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en la máquina.

Figura 30. **Procedimiento para el plan de mantenimiento preventivo para el proceso de inyección y soplado de envase PET**

OLMECA	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PROCESO DE FABRICACIÓN BOTELLAS PLÁSTICAS PET CODIGO: **OL2-S&H-MMSHP-**		SEGURIDAD INDUSTRIAL OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 20/05/2014	**No. De Edición: 01**	**Fecha de Revisión: 20/05/2015**	**Página 1 de 5**

OBJETIVO: Establecer la metodología adecuada para realizar de manera eficiente el mantenimiento preventivo de los equipos utilizados para la fabricación de envases plásticos.

ALCANCE: El presente plan de mantenimiento aplica a los procesos de INYECCIÓN Y SOPLADO de envases PET, fabricados en el departamento de Plásticos de la empresa OLMECA S.A.

GENERALIDADES

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Cualquier equipo mecánico consta de diferentes piezas las cuales sufren a lo largo del tiempo de vida un desgaste generalizado y un disminución de sus capacidades y propiedades, todo elemento motriz necesitará de limpieza, ajuste, lubricaciones, cambio de piezas, de filtros, entre otros, todos estos equipos bajo las especificaciones de los fabricantes. El mantenimiento preventivo es la ejecución de tareas previamente programadas que se deben realizar en los diferentes componentes de los equipos para buscar un mejor desempeño de estas partes, este mantenimiento debe realizarse programado PREVIO a que las máquinas den indicios de desgaste o falla.

- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Es el conjunto de tareas que se le realizan a un equipo para corregir en su momento la falla ya detectada de cualquier pieza o componente de la maquinaria o equipos.

RESPONSABILIDADES:

- **GERENCIA DE LA EMPRESA:** Proporcionar los recursos necesarios para realización del presente procedimiento.
- **JEFE DE ÁREA:** Gestionar y coordinar la aplicación de las directrices establecidas en este documento.
- **PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN:** Programar la producción de manera que se respeten los tiempos establecidos para la realización de las tareas aquí descritas.
- **DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO:** Provisionar los recursos, humano, técnico, materiales y suministros, así como una estricta supervisión para la realización del presente procedimiento.
- **SUPERVISOR DEL ÁREA:** Llevar un control y registros de las fallas detectadas durante el tiempo de operación de los equipos para que durante el mantenimiento preventivo sean revisadas.
- **OPERADOR DE LÍNEA:** Atender las instrucciones establecidas en este procedimiento, asi como la comunicación adecuada con la supervisión para poder detectar y corregir posibles fallas en los equipos.

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 30.

OLMECA	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PROCESO DE FABRICACIÓN BOTELLAS PLÁSTICAS PET CODIGO: OL2-S&H-MMSHP-		SEGURIDAD INDUSTRIAL OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 20/05/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Revisión: 20/05/2015	Página 2 de 5

METODOLOGÍA

1. **EQUIPOS INCLUIDOS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO**

EQUIPO	CANTIDAD	DETALLE	No. HORAS TRABAJO PROMEDIO MENSUAL	No. HORAS MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NIVEL DE CRITICIDAD
INYECTORA DE PREFORMA	3	• Marca PUMAO • Modelo: PM-500TD • Antigüedad: 6 años	400 horas.	1,000 HORAS	
SOPLADORAS DE ENVASE	6	Antigüedad: 21 Años	400 Horas.	1,000 HORAS	
SISTEMA DESHUMIDIFICADOR	3	• Marca: Texinter • Modelo: SHD Dryer – Secheur • Antigüedad: 6 años	600 HORAS	1000 HORAS	
COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN	6	• Marca: KAESER • Modelo: 751 VNJ • 2 Etapas.	600 HORAS	2000 HORAS	
CHILLER	3	• Marca: TRANE • Enfriamiento por agua • Trifasico.	600 HORAS	2000 HORAS	
TORRES DE ENFRIAMIENTO	2	• Marca: MARLEY • Capacidad: 125 gal/min	600 HORAS	5000 HORAS	
BOMBAS Y MOTORES HIDRAHULICOS	7	Varios.	600 HORAS	2000 HORAS	

Nivel de Criticidad

NIVEL	ESCALA	IDENTIFICACIÓN	FRECUENCIA APROXIMADA
CRITICO	1		15 DÍAS
SEMI CRITICO	2		45 DÍAS
NORMAL	3		60 DÍAS
BAJA	4		120 DÍAS
NO CRÍTICO	5		ANUAL

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 30.

OLMECA	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PROCESO DE FABRICACIÓN BOTELLAS PLÁSTICAS PET CODIGO: **OL2-S&H-MMSHP-**		SEGURIDAD INDUSTRIAL OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 20/05/2014	**No. De Edición: 01**	**Fecha de Revisión: 20/05/2015**	**Página 3 de 5**

2. FASES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

a. Limpieza
b. Engrase
c. Inspección o revisión general
d. Reparación y cambio de piezas
e. Reporte y Registros

A continuación se describen brevemente los pasos anteriores para que se tomen en cuenta y tanto el operador como el mecánico puedan llevar a cabo las actividades de la forma correcta:

a. **Limpieza:** Consiste en eliminar las impurezas o contaminación que exista sobre o dentro de los equipos, estos residuos pueden ser propios del proceso o del equipo o dependiendo de la instalación pueden ser factores externos, los pasos básicos para realizar la limpieza de los equipos es la siguiente:

- Previo a cualquier trabajo debe garantizar ENERGIA CERO, en los equipos, utilizando equipos de bloqueo de energía.
- Proceda a desarmar en caso de ser necesario las partes de la máquina para una mejor limpieza.
- Proceda elegir el solvente o material que se utilizará para la limpieza, este puede ser, Agua, Solventes minerales, thiner, desengrasantes, limpia contactos, etc. Recuerde utilizar siempre el equipo de seguridad obligatorio.
- Proceda a realizar la limpieza de los equipos y garantizar que se elimine por completo cualquier suciedad o similar.
- Asegúrese que todas las herramientas estén fuera de la máquina antes de armar el equipo de nuevo.

b. Engrase: El engrase y lubricación de las partes móviles de cualquier maquinaria es un paso fundamental durante el mantenimiento preventivo de los equipos, esto garantiza la correcta movilidad y funcionamiento de las piezas o partes de las maquinas, adicional una buena lubricación siempre va a permitir un consume de energía óptimo ya que esto evita el rozamiento de partes y por ende un gasto extra de energía derivado del contacto de piezas mecánicas. Los pasos a seguir durante el engrase son:

- Previo a cualquier trabajo debe garantizar ENERGIA CERO, en los equipos, utilizando equipos de bloqueo de energía.
- Utilice la lubricación correcta en los equipos, se debe verificar que el grado y tipo de lubricante sea el correcto, verificar si aplica lubricantes grado alimenticio o normales.
- Revisar los niveles de aceite a todos los equipos que amerite.

c. Inspección y revisión general: Esta fase del mantenimiento preventivo es generalmente una de las más importantes ya que derivado de estas revisiones se pueden determinar los mantenimientos correctivos programados, el objetivo de la inspección de los equipos es únicamente inspeccionar el funcionamiento de cada pieza de la máquina y dependiendo de la gravedad y tiempo que implique la corrección se toma la decisión si la reparación se hace en el momento o se programa posteriormente.

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 30.

La decisión cuando existen averías en los equipos detectadas en el mantenimiento preventivo se debe tomar en conjunto con el jefe y gerencia del departamento.

d. **Reparación y cambio de piezas:** En esta fase se tienen contempladas las reparaciones menores que son parte del mantenimiento preventivo, en esta fase se debe tomar especial consideración por las partes de más rápido desgaste, corrosión o saturación, como por ejemplo, filtros, sellos, válvulas de paso, etc. El jefe o gerente del departamento deben garantizar el suministro de repuestos y materiales para la realización de estos mantenimientos, programando su existencia en la bodega de suministros de la empresa.

e. **Reporte y Registros:** Es de suma importancia llevar una bitácora que detalle los trabajos realizados durante el mantenimiento, adicional a los registros establecidos durante el presente documento.

PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

1. **PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO:**
   - El jefe del área de plásticos conjuntamente con el jefe de mantenimiento deben actualizar el programa adjunto con una frecuencia acorde a los tiempos de ejecución del mantenimiento, esta programación deberá ser publicada en las carteleras del área para información de todos los empelados.
   - Se debe coordinar con el departamento de planificación de la producción para determinar que los tiempos estimados para la duración del mantenimiento no interfieran con las entregas de los productos.
   - Se debe garantizar la existencia de los materiales a utilizar para el mantenimiento.
   - Se deben completar los registros respectivos.

El mantenimiento se programará según el siguiente cuadro:

TR= Tiempo requerido para realizar cada acción preventiva.
P= Parada (La máquina debe estar fuera de funcionamiento para realizar la acción preventiva)
M= Marcha (La máquina puede estar en funcionamiento para realizar la acción preventiva)

APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Esta fase consiste en la realización de las tareas programadas en la fase anterior, según la frecuencia determinada, para garantizar la efectividad de las tareas planificadas se debe llevar un control y a la vez una guía que se denomina **INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO POR EQUIPO**, estos documentos deberán ser utilizados cuando se realice el mantenimiento general programado, en este caso las tareas que están a cargo del departamento de MANTENIMIENTO, según el cuadro anterior.

Estos instructivos describen los pasos y los equipos complementarios que deben de tomarse en cuenta para estas tareas, el objetivo es llevar un control estricto y garantizar la eficiencia de las actividades de mantenimiento.

Instructivo de mantenimiento para máquinas inyectoras y silo deshumidificador
Instructivo de mantenimiento de máquinas sopladoras y horno de calentamiento

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 30.

OLMECA	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PROCESO DE FABRICACIÓN BOTELLAS PLÁSTICAS PET CODIGO: **OL2-S&H-MMSHP-**		SEGURIDAD INDUSTRIAL OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 20/05/2014	**No. De Edición: 01**	**Fecha de Revisión: 20/05/2015**	**Página 5 de 5**

Instructivo de mantenimiento de Chiller
Instructivo de mantenimiento de torres de enfriamiento

CONTROL Y REGISTRO

El control de la realización del mantenimiento preventivo es de suma importancia para garantizar los resultados esperados de este programa, por lo tanto se ha establecido un formato adicional a los instructivos de mantenimiento que servirá como herramienta para la supervisión, control y registro de que las tareas se hayan realizado correctamente. (Anexo x)

A. Procedimiento de Inspección en línea

Para poder lograr un proceso controlado y de mejora continua, es necesario implementar acciones para identificar los productos defectuosos en línea en un tiempo adecuado, y con esto corregir las causas en tiempo y disminuir la cantidad de productos defectuosos con estas acciones.

Es claro que la calidad de lo productos radica en la eficiencia de los controles del proceso en cada etapa del mismo, y en la frecuencia con que se apliquen dichos controles, la calidad de un producto se mide en el grado de la concordancia de las especificaciones del diseño con el producto final, es por esto que la variabilidad existe cuando la diferencia entre ambas especificaciones pasa los límites tolerables del mismo.

La inspección en línea actualmente en la empresa Olmeca S.A, no es continua, tampoco esta documentado un procedimiento que especifique las atribuciones y responsabilidades de cada persona que interviene en el mismo, estas medidas no se enfocan directamente en la raíz del defecto, simplemente evitan que el porcentaje de unidades defectuosas se incremente al identificar el problema de forma temprana.

En la empresa Olmeca S.A, existe un departamento de aseguramiento de la calidad, en coordinación con esta área y el departamento de producción, se propone la implementación de un procedimiento de inspección en línea para la fabricación de preforma y envase, este procedimiento consistirá en tareas de revisión y control continuas de la producción de envases y estará a cargo tanto del operador de línea, el supervisor de producción y los inspectores de calidad de la empresa, tal y como se define a continuación.

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: mantenimiento preventivo. Nombre de la mejora: instructivo de mantenimiento preventivo inyección. Descripción: definición de un instructivo documentado de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza para el proceso de inyección. Propósito: cero paros y fallas de máquinas en el proceso de inyección por falta de mantenimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en las máquinas del proceso de inyección.

Figura 31. **Instructivo de mantenimiento preventivo inyección**

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO OLMECA

AREA:	INYECCIÓN	**ORDEN DE TRABAJO No.**	
FECHA INICIO		**HOROMETRO:**	
EQUIPO:	INYECTORA PREFORMA 1	**COMPONENTE:**	
HORA DE PARO:		**HORA ARRANQUE:**	
OPERADOR:		**SUPERVISOR:**	

1. USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIA: CASCO DE SEGURIDAD, LENTES, ZAPATO DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA Y DE LAS MANOS

2. DESARROLLO: ASEGURESE DE COMPLETAR TODOS LOS PASOS INDICADOS EN EL PRESENTE INSTRUCTIVO DE TRABAJO Y ENTREGARLO AL SUPERVISOR AL TERMINAR EL TRABAJO

ACTIVIDAD	EQUIPO	FASE= (L-E-I-CP)	FINALIZADO (X)
Desarmar Valvula de Tobera	INYECTORA	L - I -CP	
Revissión de niveles de aceite y fugas	INYECTORA	E - CP	
Revisión de sistema neumático, revisar fuagas, mangueras, manometros, cambiar de ser necesario	INYECTORA	L - E- I -CP	
Revisión mecanica de microswitches, sensores	INYECTORA	L - I -CP	
Revisión y mantenimiento del extrusor y pote de inyección	INYECTORA	L - E- I -CP	
Desarme inspección y limpieza del mixer	INYECTORA	L - E- I -CP	
Limpieza y lubricación de guías de desplazamiento de extrusor y carro de inyección	INYECTORA	L - E- I -CP	
Cambio de sellos de pistón de inyección	INYECTORA	E - CP	
Verificación de puesta a cero de manómetro de aire y purga de condensado en trampa de agua.	UNIDAD DE CIERRE	L - E- I -CP	
Revisión de mangueras de aceite, agua y aire.	UNIDAD DE CIERRE	L - E- I -CP	
Puesta a cero de manómetro de alimentación de aire comprimido. Cambiar de ser necesario.	UNIDAD DE CIERRE	I - CP	
Recambio de electroválvula	UNIDAD DE CIERRE	I - CP	
Verificación de estado de conectores de molde, máquina y cables de molde.	UNIDAD DE CIERRE	L - I -CP	
Prueba de funcionamiento de sensor de flujo de agua de molde.	UNIDAD DE CIERRE	I - CP	
Revisión de estado de batería del PLC. Cambiarla cuando tenga alarma de batería baja	UNIDAD DE CONTROL	I - CP	
Medición de resistencia de calefactores de máquina.	UNIDAD DE CONTROL	I - CP	
Inspección y limpieza de contactos de contactores de calefacción y bomba hidráulica.	UNIDAD DE CONTROL	I - CP	
Verificación de funcionamiento de sistema de refrigeración del tablero.	UNIDAD DE CONTROL	L - E- I -CP	
Verificación de funcionamiento de sensor de flujo de agua. Eliminar fugas de agua o hacer plan de acción	UNIDAD ROBOT	I - CP	
Limpieza de filtros de bomba de vacío.	UNIDAD ROBOT	L - E- I -CP	
Revisar sensores de temperatura de molde y extrusor	UNIDAD MOLDE	L - E- I -CP	
Limpieza de cavidades del molde e interior exxtrusor	UNIDAD MOLDE	L - E- I -CP	

OBSERVACIONES

FIRMA RESPONSABLE: FIRMA OPERADOR: FIRMA SUPERVISOR

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: mantenimiento preventivo. Nombre de la mejora: instructivo de mantenimiento preventivo soplado. Descripción: definición de un instructivo documentado de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza para el proceso de soplado. Propósito: cero paros y fallas de máquinas en el proceso de soplado por falta de mantenimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en las máquinas del proceso de soplado.

Figura 32. **Instructivo de mantenimiento preventivo soplado**

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

OLMECA

AREA:	SOPLADO DE ENVASE	**ORDEN DE TRABAJO No.**	
FECHA INICIO		**HOROMETRO:**	
EQUIPO:	SOPLADORA 1	**COMPONENTE:**	
HORA DE PARO:		**HORA ARRANQUE:**	
OPERADOR:		**SUPERVISOR:**	

1. USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIA: CASCO DE SEGURIDAD, LENTES, ZAPATO DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA Y DE LAS MANOS

2. DESARROLLO: ASEGURESE DE COMPLETAR TODOS LOS PASOS INDICADOS EN EL PRESENTE INSTRUCTIVO DE TRABAJO Y ENTREGARLO AL SUPERVISOR AL TERMINAR EL TRABAJO

ACTIVIDAD	EQUIPO	FASE= (L-E-I-CP)	FINALIZADO (X)
Revisión lámparas del horno de precalentamiento	HORNO	L - I -CP	
Cambio de filtros de aire y de aceite	SOPLADORA	E - CP	
Revisión de sistema neumático, revisar fuagas, mangueras, manometros, cambiar de ser necesario	SOPLADORA	L - E- I -CP	
Revisión mecanica de microswitches, sensores	SOPLADORA	L - I -CP	
Revisión de maomentros de presión hidrahulica y neumatica, cambiarlos de ser necesarias	SOPLADORA	L - E- I -CP	
Revisión de valvula de baja	SOPLADORA	L - I -CP	
Revisión, engrase y limpieza de varillas sopladoras	SOPLADORA	L - E- I -CP	
Limpieza y revisión de sensores de temperatura del horno y del sistema de enfriamiento	HORNO Y SOPLADORA	E - CP	
Verificación de puesta a cero de manómetro de aire y purga de condensado del sistema de enfriamiento	SOPLADORA	L - E- I -CP	
Revisión de mangueras de aceite, agua y aire.	SOPLADORA	L - E- I -CP	
Puesta a cero de manómetro de alimentación de aire comprimido. Cambiar de ser necesario.	SOPLADORA	I - CP	
Cambio de electrovalvula de actuadores	SOPLADORA	I - CP	
Revisión general de mangueras, conectores, y manometros	SOPLADORA	L - I -CP	
Prueba de funcionamiento de sensor de flujo de agua de molde.	SOPLADORA	L - I -CP	
Revisión de estado de batería del PLC. Cambiarla cuando tenga alarma de batería baja	SOPLADORA	L - I -CP	
Revisión limpieza de motor y bomba hidráhulico	SOPLADORA	L - I -CP	
Revisión general cavidad molde y exterior del mismo	SOPLADORA	L - I -CP	

OBSERVACIONES

FIRMA RESPONSABLE: FIRMA OPERADOR: FIRMA SUPERVISOR

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: mantenimiento preventivo. Nombre de la mejora: instructivo de mantenimiento preventivo chiller. Descripción: definición de un instructivo documentado de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza para el chiller. Propósito: cero paros y fallas del chiller por falta de mantenimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en el chiller.

Figura 33. **Instructivo de mantenimiento preventivo chiller**

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

OLMECA

AREA:	INYECCIÓN DE ENVASE	**ORDEN DE TRABAJO No.**	
FECHA INICIO		**HOROMETRO:**	
EQUIPO:	CHILLER	**COMPONENTE:**	
HORA DE PARO:		**HORA ARRANQUE:**	
OPERADOR:		**SUPERVISOR:**	

1. USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIA: CASCO DE SEGURIDAD, LENTES, ZAPATO DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA Y DE LAS MANOS

2. DESARROLLO: ASEGURESE DE COMPLETAR TODOS LOS PASOS INDICADOS EN EL PRESENTE INSTRUCTIVO DE TRABAJO Y ENTREGARLO AL SUPERVISOR AL TERMINAR EL TRABAJO

ACTIVIDAD	EQUIPO	FASE= (L-E-I-CP)	FINALIZADO (X)
Limpieza filtro de aire y condensadores	CHILLER	L - E- I -CP	
Revisión del ciercuito de agua, revisar estancamientos o saturación del sistema	CHILLER	L - E- I -CP	
Revisión de sistema neumático, revisar fuagas, mangueras, manometros, cambiar de ser necesario	CHILLER	L - E- I -CP	
Control de temperatura de los compresores	CHILLER	L - I -CP	
Control visual de los niveles del aceite	CHILLER	L - E- I -CP	
Revisión del tablero y sistema eléctrico	CHILLER	L - I -CP	
Control de funcionamiento de presóstatos de falla de baja y alta presión de refrigerante.	CHILLER	L - E- I -CP	
Reajuste de conexiones eléctricas en borneras de conexión eléctrica, en bomba de agua, compresores y ventiladores.	CHILLER	E - CP	
	CHILLER	L - E- I -CP	

OBSERVACIONES

FIRMA RESPONSABLE: FIRMA OPERADOR: FIRMA SUPERVISOR

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: mantenimiento preventivo. Nombre de la mejora: instructivo de mantenimiento preventivo torre de enfriamiento. Descripción: definición de un instructivo documentado de mantenimiento preventivo para inspección, lubricación y limpieza para la torre de enfriamiento. Propósito: cero paros y fallas de la torre de enfriamiento por falta de mantenimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por buenas condiciones en la torre de enfriamiento.

Figura 34. **Instructivo de mantenimiento preventivo torre de enfriamiento**

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO OLMECA

AREA:	FABRIACION PLASTICOS	**ORDEN DE TRABAJO No.**	
FECHA INICIO		**HOROMETRO:**	
EQUIPO:	TORRE ENFRIAMIENTO	**COMPONENTE:**	
HORA DE PARO:		**HORA ARRANQUE:**	
OPERADOR:		**SUPERVISOR:**	

1. USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIA: CASCO DE SEGURIDAD, LENTES, ZAPATO DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA Y DE LAS MANOS

2. DESARROLLO: ASEGURESE DE COMPLETAR TODOS LOS PASOS INDICADOS EN EL PRESENTE INSTRUCTIVO DE TRABAJO Y ENTREGARLO AL SUPERVISOR AL TERMINAR EL TRABAJO

ACTIVIDAD	EQUIPO	FASE= (L-E-I-CP)	FINALIZADO (X)
Limpieza de paneles de filtro	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Revisión de la correcta dispersión del agua por los paneles de relleno	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Revisión de correcto funcionamiento del sistema automático de purga.	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Revisión de integridad y prueba de funcionamiento de válvula basculante de reposición de agua.	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Revisión de estado de la estructura, protecciones y batea.	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Revisión del tablero y sistema eléctrico	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Revisión de estado y limpieza de malla de succión.	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	
Desarme de paneles del relleno si es que el diferencial de	TORRE ENFRIAMIENTO	L - E- I -CP	

OBSERVACIONES

FIRMA RESPONSABLE: FIRMA OPERADOR: FIRMA SUPERVISOR

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: control de calidad. Nombre de la mejora: procedimiento de arranque y paro inyectoras y sopladoras PET. Descripción: definición de procedimientos estándar para operar y controlar los procesos. Propósito: cero incidentes de calidad por falta de conocimiento del procedimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por seguimiento a los procedimientos.

Figura 35. **Procedimiento de arranque y paro inyectoras y sopladoras PET**

OLMECA	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE ARRANQUE Y PARO INYECTORAS Y SOPLADORAS PET CODIGO: **OL2-PR-PP-01**		PRODUCCIÓN PLASTICOS
Fecha de Emisión: 20/04/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 20/06/2014	Página 1 de 7

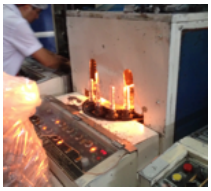
Objetivo: Establecer parámetros de operación y procedimientos de arranque y paro para los procesos de inyección y soplado, con la finalidad de reducir los desperdicios durante estas dos operaciones.

Generalidades: Mediante el análisis de los factores o causas probables durante la fabricación de envases y preformas plásticas, se pudo establecer que los procesos de arranque y paro son fundamentales e influyen de gran manera en el comportamiento de los productos y equipos durante la producción.

El control que se tiene actualmente de las variables críticas de la operación se describe brevemente a continuación:

i. **Temperatura:** En el proceso de inyección, desde la unidad de control es posible variar la temperatura de fundido más no la de enfriamiento, ya que el enfriamiento se realiza debido a un sistema de paso de agua fría que circula por el equipo, esta variable es controlada desde un dispositivo llamado HOT RUNNER CONTROLLED (PID),

En el proceso de soplado la variable de temperatura es sumamente importante durante el proceso de precalentamiento de la preforma, esta cambio de temperatura debe ser uniforme en todo el envase ya que de no ser así cuando ingresa aire a presión el polímero tiende a fisurarse y no realiza el proceso de expansión termoplástica correctamente.

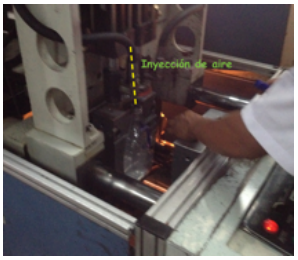


Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 35.

ii. **Presión:** Durante el proceso de inyección, la presión de empuje y retroceso del tornillo varía según el plástico a transformar, puesto que debe tomarse en cuenta la viscosidad y densidad de cada material, durante el proceso de inyección existen tres tipos de presión durante el proceso, la presión de inyección, de sostenimiento y de retroceso, esta varía desde los Max. 1500 Ba hasta los 40 Bar en la presión de retroceso.

Durante el proceso de soplado, la presión es uno del factores primordiales que se deben controlar, en esta última fase, gracias a la presión inyectada dentro de la preforma previamente calentada, se logra la expansión del polímero.



iii. **Tiempo:** El tiempo de carga indica el volumen de material que entra al cilindro, es necesario modificar el volumen de carga puesto que no todas las piezas**,** el tiempo de enfriamiento se refiere al tiempo en que la pieza pasa dentro del molde ,antes de la expulsión.

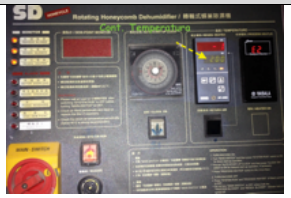
Continuación figura 35.

OLMECA	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE ARRANQUE Y PARO INYECTORAS Y SOPLADORAS PET CODIGO: **OL2-PR-PP-01**		PRODUCCIÓN PLASTICOS
Fecha de Emisión: 20/04/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 20/06/2014	Página 3 de 7

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE

MAQUINAS INYECTORAS

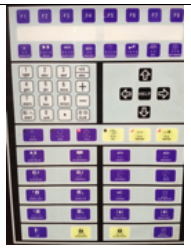
Producto: Preforma 100 gramos.

PASO	ACTIVIDAD	PARÁMETRO DE OPERACIÓN	IMAGEN
1	Encender el deshumidificador y calentar el producto.	2:20horas 160º C	
2	Arrancar bombas hidráulicas y sistema de presión, esto desde el tablero principal de la maquina.	N/A	
3	Calentar el cañón de la inyectora	285ºC	

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 35.

OLMECA	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE ARRANQUE Y PARO INYECTORAS Y SOPLADORAS PET CODIGO: **OL2-PR-PP-01**		PRODUCCIÓN PLASTICOS
Fecha de Emisión: 20/04/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 20/06/2014	Página 4 de 7

4	**Calentar el molde**	**200ºC**	**N/A**
5	**Arranque enfriamiento del chiller.**	**8ºC**	
6	**Purgar el cañon**	**N/A**	
7	**Ajustes de cierre del molde**		
8	**Ajuste de tiempo en el panel**		
9	**Verificación y control del proceso.**		

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 35.

OLMECA	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE ARRANQUE Y PARO INYECTORAS Y SOPLADORAS PET CODIGO: OL2-PR-PP-01		PRODUCCIÓN PLASTICOS
Fecha de Emisión: 20/04/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 20/06/2014	Página 5 de 7

PROCEDIMIENTO DE PARO

MAQUINAS INYECTORAS

Producto: Preforma 100 gramos.

PASO	ACTIVIDAD	PARÁMETRO DE OPERACIÓN	IMAGEN
1	Pasar de modo automático a manual en el panel principal	N/A	
2	Cierre de suministro, llave paso resina al cañon	N/A	
3	Paro de equipos, bombas y motores.	N/A	
4	Paro sistema enfriamiento Chiller	N/A	
5	Lubricación del molde	N/A	
6	Purgar el cañon y molde.	N/A	

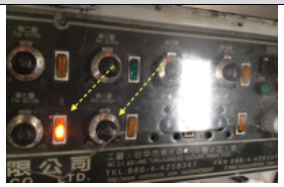
Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 35.

OLMECA	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE ARRANQUE Y PARO INYECTORAS Y SOPLADORAS PET CODIGO: OL2-PR-PP-01		PRODUCCIÓN PLASTICOS
Fecha de Emisión: 20/04/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 20/06/2014	Página 6 de 7

PROCEDIMIENTO ARRANQUE SOPLADORAS PET

Producto preforma 100 gramos

PASO	ACTIVIDAD	PARÁMETRO DE OPERACIÓN	IMAGEN
1	Encendido de horno de precalentamiento	105ºC	
2	Calibrar Set de parámetros	P alta= 450 PSI P= baja= 110 PSI T molde= 16ºC P hidráulica= 30 bares	
3	Calibrar tiempos	t pre soplado = 0.95 seg. t cierre= 0.80 seg	
4	Arrancar horno	T= 105 ºC	
4	Activar movimiento	N/A	

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 35.

OLMECA	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE ARRANQUE Y PARO INYECTORAS Y SOPLADORAS PET CODIGO: **OL2-PR-PP-01**		PRODUCCIÓN PLASTICOS
Fecha de Emisión: 20/04/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 20/06/2014	Página 7 de 7

PROCEDIMIENTO PARO SOPLADORAS PET

PRODUCTO: Preforma 100 gramos.

PASO	ACTIVIDAD	PARÁMETRO	IMAGEN
1	Parar máquina	N/A	
2	Apagar Horno de Precalentamiento	N/A	
3	Cerrar suministro de aire comprimido, cerrar válvulas de paso	N/A	
4	Apagar bombas y motores	N/A	

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: control de calidad. Nombre de la mejora: procedimiento de inspección en línea del proceso de inyección y soplado de envase PET. Descripción: definición de procedimientos estándar para operar y controlar los procesos. Propósito: cero incidentes de calidad por falta de conocimiento del procedimiento. Resultado: reducción de unidades defectuosas por seguimiento a los procedimientos.

Figura 36. **Procedimiento de inspección en línea del proceso de inyección y soplado de envase PET**

OLMECA	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN EN LINEA PROCESO DE INYECCIÓN Y SOPLADO DE ENVASE PET CODIGO: **OL2-S&H-MMSHP-**		CONTROL DE CALIDAD OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 21/05/2014	No. De Edición: 01	Fecha de Revisión: 21/05/2015	Página 1 de 3

Objetivo: Implementar una metodología para la inspección del producto en línea, con la finalidad de detectar y corregir a tiempo los defectos del proceso y evitar desperdicios del producto.

Generalidades: Un defecto es el incumplimiento de una característica de calidad respecto de un límite especificado. (Educagia.com) , la variación de los materiales en las condiciones de la máquina así como las condiciones de operación de la misma y el funcionamiento de los equipos, son entre otras cosas, las causas principales de los defectos en un proceso tan complejo como la fabricación de envases.

Defecto Crítico: Es el defecto que puede producir condiciones peligrosas o inseguras para quienes usan o mantienen el producto. Es también el defecto que puede llegar a impedir el normal desempeño de una función importante de un producto del cual depende la seguridad personal y hace al material no utilizable.

Defecto Mayor: Es el defecto que sin ser critico, tiene la posibilidad de ocasionar una falla o reducir materialmente la utilidad de la unidad para el fin al que se destina.

Defecto Menor: Es el defecto que no reduce materialmente la utilidad para el fin que esta destinado o que produce una desviación de los requisitos establecidos, con un pequeño efecto reductor sobre el funcionamiento o uso eficaz de la unidad. (Cusiyupanqui Chicchón, Fernando)

Metodología para la inspección en línea:

Descripción de los procedimientos de control de calidad en línea:

1. **De las materias primas e insumos:** El control de la materia prima inicia desde que el producto es ingresado en bodega de suministros, el proceso es llevado por el personal de control de calidad de materiales, según los requerimientos previamente establecidos con el proveedor.

   Durante el proceso en línea el operador debe únicamente revisar la boleta de inspección y tomar nota del porcentaje de humedad de la materia prima, lo que es necesario para determinar la temperatura y tiempo de secado en el silo deshumidificador.

   Variable a medir: Porcentaje de Humedad

2. **Control de las piezas plásticas en proceso:**
   1. **Labores del inspector de proceso:** La tarea principal del inspector de control de calidad del proceso es verificar que se cumplan las especificaciones técnicas en todas las piezas en inyección y soplado de envases, las tareas asignadas son:
      i. Tomar una muestra de piezas plásticas en la salida de los equipos.
      ii. Realizar los controles asignados en las fichas de las especificaciones de los productos.
      iii. Anotar las anomalías en el reporte de inspección y en el reporte de producción del operador.
      iv. En caso de encontrar algún defecto debe informar directamente al supervisor o jefe del área y al operador inmediatamente, especificando tipo de falla.
      v. Después de la verificación conjunta con las partes involucradas y la corrección de la falla, el inspector esta obligado a tomar una nueva muestra y realizar nuevamente el procedimiento indicado.
      vi. El inspector de calidad esta obligado, cuando encuentre una falla a revisar la producción anterior hasta dos o más horas antes de la detección de la falla, y verificar si el lote esta bajo los parámetros correctos.
      vii. La frecuencia de esta inspección deberá ser con un intervalo de tiempo de no más de tres horas por máquina.
      viii. El inspector de proceso de inyección y soplado deberá verificar que la producción no continúe hasta que no se haya corregido la falla, caso contrario deberá notificar al jefe del departamento y al supervisor de control de calidad.

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 36.

OLMECA	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN EN LINEA PROCESO DE INYECCIÓN Y SOPLADO DE ENVASE PET CODIGO: **OL2-S&H-MMSHP-**		CONTROL DE CALIDAD OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 21/05/2014	**No. De Edición: 01**	**Fecha de Revisión: 21/05/2015**	**Página 2 de 3**

2. **Labores del Operador del proceso:** El operador del proceso tiene como función principal garantizar que los equipos, suministros, y variables de operación estén acorde a las especificaciones que el proceso requiere, el operador también tiene la obligación de que el producto cumpla estrictamente con los parámetros del diseño estipulados, en otras palabras que cumpla con la calidad requerida del producto. Las tareas asignadas son las siguientes:
    i. El operador debe garantizar que las condiciones de operación sean revisadas periódicamente para evitar variaciones en los procesos.
    ii. El operador esta obligado a llevar una muestra cada tres horas de su proceso a la cabina de control de calidad, el analista deberá analizar que el producto cumpla con las especificaciones requeridas.
    iii. Debe anotar las anomalías o fallas, así como las causas del mismo en el reporte de producción diario.
    iv. Al notar cualquier anomalía durante el proceso que pueda afectar las condiciones del producto, el operador debe notificar al supervisor de turno y corregir el problema en lo posible sin detener el proceso, si persiste el fallo debe parar los equipos para evitar producto con defectos.
    v. El operador no debe permitir producto con defectos dentro del lote de producción aceptable.
    vi. Se debe colaborar en todo momento con los inspectores de calidad realizando un trabajo conjunto para evitar defectos en el proceso.
3. **Procedimiento de inspección post proceso:** Para garantizar que el producto final llegue al cliente sin ningún defecto es necesario realizar un proceso adicional a las inspecciones realizadas en línea, este proceso estará a cargo del inspector de calidad de piso, encargado del proceso.
    i. El inspector de calidad deberá realizar una inspección por lote de cada presentación de envase y preforma producido.
    ii. Para la inspección por lotes deberá tomarse una muestra aleatoria con una relación de 1 pieza por cada 2000 unidades producidas (Manual de aseguramiento de calidad Olmeca S.A)
    iii. El inspector deberá llenar su respectiva ficha de control de inspección de producto.
4. **Registros de la inspección:** Los registros de las inspecciones realizadas durante el proceso deberán ser revisados por la supervisión de cada departamento (producción y calidad), y archivadas según corresponden, verificando que cuenten con los datos completos y las firmas de los responsables.
    i. Formato control de producción: Es el formato que se utiliza para registro de los datos de producción, en este formato se incluyen detalles de defectos, este formato fue descrito en la fase de Medir de esta metodología.

DEPARTAMENTO DE PLASTICOS INYECCIÓN / SOPLADO		ORDEN DE PRODUCCIÓN			OLMECA	
				PROCESO:	INYECCIÓN _____	SOPLADO_____
MAQUINA		TOTAL A PRODUCIR (UN)			ORDEN NO. _____	
TURNO		CODIGO CORRUGADO			FECHA:	
OPERADOR		MATERIA PRIMA			H. INICIO	
PRODUCTO		CÓDIGO PRODUCTO			H. FINAL	

DATOS PRODUCCIÓN					
UNIDADES PRODUCIDAS	BUENAS	MALAS	TIPO DEFECTO	CAUSA POSIBLE	C. CALIDAD

PAROS PRODUCCIÓN
DESCRIBA LA FALLA
IRMA OPERADOR_____ FIRMA SUPERVISOR:_____ CONTROL PRODUCCIÓN_____

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Continuación figura 36.

OLMECA	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN EN LINEA PROCESO DE INYECCIÓN Y SOPLADO DE ENVASE PET CODIGO: **OL2-S&H-MMSHP-**		CONTROL DE CALIDAD OLMECA FRAIJANES
Fecha de Emisión: 21/05/2014	**No. De Edición: 01**	**Fecha de Revisión: 21/05/2015**	**Página 3 de 3**

ii. Formato de inspección en línea: Este registro es el que será completado con la información obtenida durante la inspección por parte del departamento de control de calidad.

DEPARTAMENTO DE PLASTICOS INYECCIÓN / SOPLADO		HOJA DE INSPECCIÓN EN LINEA			OLMECA	
					PROCESO: INYECCIÓN _____ SOPLADO_____	
MAQUINA		TOTAL A PRODUCIR (UN)			ORDEN NO. _____	
TURNO		CODIGO CORRUGADO			FECHA:	
OPERADOR		MATERIA PRIMA			H. INICIO	
PRODUCTO		CÓDIGO PRODUCTO			H. FINAL	
DEFECTOS OBSERVADOS						
DEFECTO	LOTE	PRESENTACIÓN	CAUSA POSIBLE	ESPECIFICACIÓN		NO. UNIDADES DEFECTUOSAS
ACCION CORRECTIVA						
DESCRIBA LAS ACCIONES A TOMAR:						
ESTADO DEL PRODUCTO: RETENIDO_____ RECHAZADO_____ ANÁLISIS_____ APROBADO_____						
FIRMA OPERADOR_____			FIRMA SUPERVISOR:_____		CONTROL PRODUCCIÓN_____	

5. **Posibles defectos observados:** En este formato se listan los defectos más recurrentes en el proceso de inyección y soplado de envase PET, esto con la finalidad de tener una guía para determinar la criticidad de los mismos. (VER ANEXO)

Realizó:	Revisó:	Autorizó:

Fuente: elaboración propia.

Propuesta de mejora: control de calidad. Nombre de la mejora: formato estándar de inspección en línea. Descripción: definición de formatos estándar para el control e inspección del producto durante el proceso. Propósito: cero incidentes de calidad por falta de cumplimiento de las especificaciones de calidad. Resultado: reducción de unidades defectuosas por mayor control de defectos.

Figura 37. **Formato estándar de inspección en línea**

DEPARTAMENTO DE PLASTICOS INYECCIÓN / SOPLADO		HOJA DE INSPECCIÓN EN LINEA			OLMECA	
				PROCESO:	INYECCIÓN _____	SOPLADO_____
MAQUINA		TOTAL A PRODUCIR (UN)			ORDEN NO. _____	
TURNO		CODIGO CORRUGADO			FECHA:	
OPERADOR		MATERIA PRIMA			H. INICIO	
PRODUCTO		CÓDIGO PRODUCTO			H. FINAL	

DEFECTOS OBSERVADOS					
DEFECTO	LOTE	PRESENTACIÓN	CAUSA POSIBLE	ESPECIFICACIÓN	NO. UNIDADES DEFECTUOSAS

ACCION CORRECTIVA
DESCRIBA LAS ACCIONES A TOMAR:
ESTADO DEL PRODUCTO: RETENIDO_____ RECHAZADO_____ ANÁLISIS_____ APROBADO_____
FIRMA OPERADOR_____ FIRMA SUPERVISOR:_____ CONTROL PRODUCCIÓN_____

Fuente: elaboración propia.

Luego de implementadas las mejoras, se procede a evaluar los resultados operativos para luego analizarlos e identificar una mejora significativa debido a estos cambios donde los procesos están estandarizados y controlados. Como parte de la metodología Seis Sigma se calculará el nivel sigma luego de las mejoras implementadas.

Primero se evalúan los defectos antes de la implementación de la metodología en comparación con los defectos después de implementadas las mejoras. En la siguiente tabla se presentan los defectos del primer trimestre de 2014 y también el promedio mes antes de las mejoras para efectos de

comparación con mayo, en donde las mejoras ya fueron implementadas, se presentan las siguientes tablas para los procesos de inyección y soplado.

Tabla XXXVII. **Defectos en el proceso de inyección (antes)**

Defecto	**Total defectos 1er trimestre (Unid)**	**Total defectos promedio mensual**	**%**
Rugosidad	15 564	5 188	37 %
Punto Frío	12 490	4 163	30 %
Rebaba	4 570	1 523	11 %
Espesor preforma	3 095	1 032	7 %
Quemada	2 345	782	6 %
Largo de boquilla	2 345	782	6 %
Peso	1 136	379	3 %
Deformación	456	152	1 %
Largo de preforma	233	78	1 %
TOTAL	42 234	14 078	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Defectos en el proceso de soplado (antes)**

Recurrencia de unidades defectuosas en el proceso de soplado.			
Defecto	Total defectos 1er trimestre (Unid)	Total defectos promedio mensual	%
Deformidades	28 562	9 521	41 %
Apariencia opaca	15 453	5 151	22 %
Colocación del asa	12 384	4 128	18 %
Perforaciones punto inyección	3 923	1 308	6 %
Envase nublado	2 993	998	4 %
Ancho del envase	2 333	778	3 %
Envase rasgado	2 322	774	3 %
Altura envase	982	327	1 %
Espesor variable	687	229	1 %
Impurezas	345	115	0 %
TOTAL	69 984	23 328	100 %

Fuente: elaboración propia.

En las siguientes tablas se presentan los defectos ocurridos en mayo, después de las mejoras implementadas para los procesos de inyección y soplado.

Tabla XXXIX. **Defectos en el proceso de inyección (después)**

Defecto	**Total defectos mensual (Unid)**	**%**
Rugosidad	3 917	32 %
Punto Frío	3 287	27 %
Rebaba	1 343	11 %
Espesor preforma	1 763	14 %
Quemada	675	6 %
Largo de boquilla	987	8 %
Peso	34	0 %
Deformación	145	1 %
Largo de preforma	34	0 %
TOTAL	12 185	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Defectos en el proceso de soplado (después)**

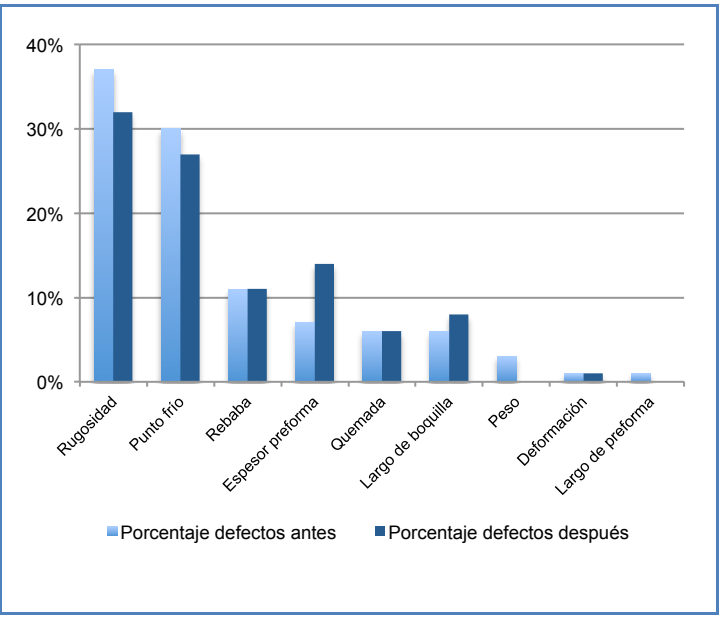
Defecto	**Total defectos mensual (Unid)**	**%**
Deformidades	6 893	36 %
Apariencia opaca	2 948	16 %
Colocación del asa	3 728	20 %
Perforaciones punto inyección	3 923	21 %
Envase nublado	345	2 %
Ancho del envase	455	2 %
Envase rasgado	234	1 %
Altura envase	3	0 %
Espesor variable	23	0 %
Impurezas	456	2 %
TOTAL	19 008	100 %

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, en las siguientes tablas se presentan los comparativos de los defectos después de la implementación de la metodología para los procesos de inyección y soplado, en donde se observa que, debido a los controles de procesos y otras mejoras implementadas, se logró la reducción de unidades defectuosas en el 80 % de los mayores defectos indicados en los diagramas de Pareto anteriormente presentados. Esto permite garantizar un incremento en las unidades producidas para hacer más productivo el proceso de fabricación de plásticos.

Tabla XLI. **Comparativo defectos en el proceso de inyección antes y después**

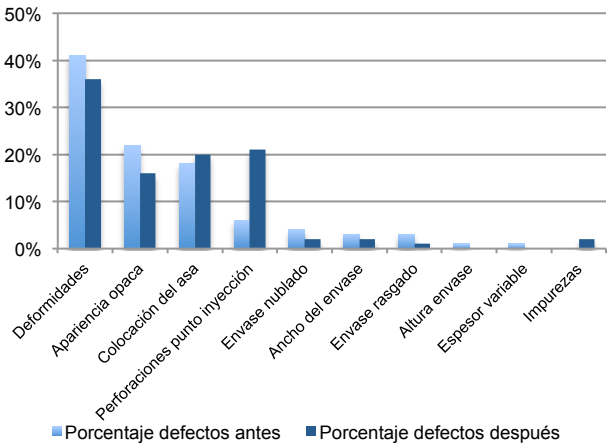
Defectos	Porcentaje defectos antes	Porcentaje defectos después
Rugosidad	37 %	32 %
Punto frío	30 %	27 %
Rebaba	11 %	11 %
Espesor preforma	7 %	14 %
Quemada	6 %	6 %
Largo de boquilla	6 %	8 %
Peso	3 %	0 %
Deformación	1 %	1 %
Largo de preforma	1 %	0 %
Total	100 %	100 %



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Comparativo defectos en el proceso de soplado antes y después**

Defectos	Porcentaje defectos antes	Porcentaje defectos después
Deformidades	41 %	36 %
Apariencia opaca	22 %	16 %
Colocación del asa	18 %	20 %
Perforaciones inyección	6 %	21 %
Envase nublado	4 %	2 %
Ancho del envase	3 %	2 %
Envase rasgado	3 %	1 %
Altura envase	1 %	0 %
Espesor variable	1 %	0 %
Impurezas	0 %	2 %
Total	100 %	100 %



Fuente: elaboración propia.

Luego se evalúan los resultados de cálculo del nivel sigma después de la implementación de mejoras en el departamento de fabricación de envases plásticos PET. De ello, se realizó una tabla comparativa con los datos de unidades producidas y unidades defectuosas por cada proceso de inyección y soplado de los meses de septiembre a abril en comparación con mayo, donde se reflejan los resultados de las mejoras implementadas.

Tomando datos de nueve meses, desde que se inició este estudio, se observa un incremento de 0,30 puntos en nivel sigma, el cual representa un gran esfuerzo en el control de la calidad de los productos para asegurar mayor eficiencia y menores rechazos. Por lo que se recomienda a la operación continuar con los sistemas implementados de acuerdo con la metodología Seis Sigma para seguir en mejora continua con los resultados, para ir alcanzando poco a poco cada punto en la escala de Seis Sigma.

Tabla XLIII. **Resultados de nivel sigma**

OLMECA

RESULTADOS NIVEL SIGMA

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS

Mayo 2014

Elaborado por: R. Mérida

RESULTADOS NIVEL SIGMA MENSUAL

	Mes	PROCESO	PRODUCCIÓN UNIDADES PROMEDIO MENSUAL (N)	UNIDADES DEFECTUOSAS PROMEDIO MENSUAL (D)	PORCENTAJE DE POSIBILIDADES DE ENCONTRAR DEFECTO (O)	Porcentaje de defectos (DPU= D/(NxO))	Productividad (Rto. Del Proceso) P= (1-DPU) X 100)	DPMO= 10000 X D / (N x O)	NIVEL SIGMA DEL PROCESO
2013	Septiembre	Inyección	746 926	8 713	50 %	2, 33 %	97,67 %	23 330,29	**3,49**
		Soplado	989 398	55 933	50 %	11,31 %	88,69 %	113 064,71	**2,71**
	Octubre	Inyección	927 279	13 733	50 %	2,96 %	97,04 %	29 620,00	**3,39**
		Soplado	636 418	43 677	50 %	13,73 %	86,27 %	137 258,85	**2,59**
	Noviembre	Inyección	1 238 629	15 417	50 %	2,49 %	97,51 %	24 893,65	**3,46**
		Soplado	546 068	54 778	50 %	20,06 %	79,94 %	200 627,03	**2,34**
	Diciembre	Inyección	848 574	8 472	50 %	2,00 %	98,00 %	19 967,62	**3,55**
		Soplado	1 029 344	68 304	50 %	13,27 %	86,73 %	132 713,65	**2,61**
2014	Enero	Inyección	756 492	9 842	50 %	2,60 %	97,40 %	26 020,10	**3,44**
		Soplado	934 825	73 944	50 %	15,82 %	84,18 %	158 198,59	**2,50**
	Febrero	Inyección	987 322	64 293	50 %	13,02 %	86,98 %	130 237,15	**2,63**
		Soplado	999 323	54 302	50 %	10,87 %	89,13 %	108 677,57	**2,73**
	Marzo	Inyección	963 924	34 950	50 %	7,25 %	92,75 %	72 516,09	**2,96**
		Soplado	1 099 432	40 504	50 %	7,37 %	92,63 %	73 681,68	**2,95**
	Abril	Inyección	842 042	34 029	50 %	8,08 %	91,92 %	80 824,95	**2,90**
		Soplado	923 575	39 298	50 %	8,51 %	91,49 %	85 099,75	**2,87**
	Promedio trimestral		904 348	38 762	50 %	8,57 %	91,43 %	85 723,20	**2,95**
	Mayo	Inyección	1 457 302	15 500	50 %	2,13 %	97,87 %	21 272,19	**3,53**
		Soplado	1 250 323	45 068	50 %	7,21 %	92,79 %	72 090,17	**2,96**
	Promedio trimestral		1 353 813	30 284	50 %	4,47 %	95,53 %	44 738,84	**3,24**
								Incremento	0,30

Productividad previa a mejoras del departamento = nivel sigma = 2,95

Productividad actual después de mejoras del departamento = nivel sigma = 3,24

Niveles sigma:

Nivel en sigma	DPMO (unidades)	Rendimiento (%)
6	3,4	99,9997
5	233	99,98
4	6 210	99,3
3	66 807	93,3
2	**308 437**	**69,15**
1	690 000	30,85
0	933 200	6,68

Conclusión:

Se observa un incremento de 0,30 puntos en nivel sigma, el cual representa un gran esfuerzo en el control de la calidad de los productos para asegurar mayor eficiencia y menores rechazos, incrementando la productividad del departamento. Por lo que se recomienda a la operación continuar con los sistemas implementados de acuerdo a la metodología Seis Sigma para seguir en mejora continua con los resultados, para ir alcanzando poco a poco cada punto en la escala.

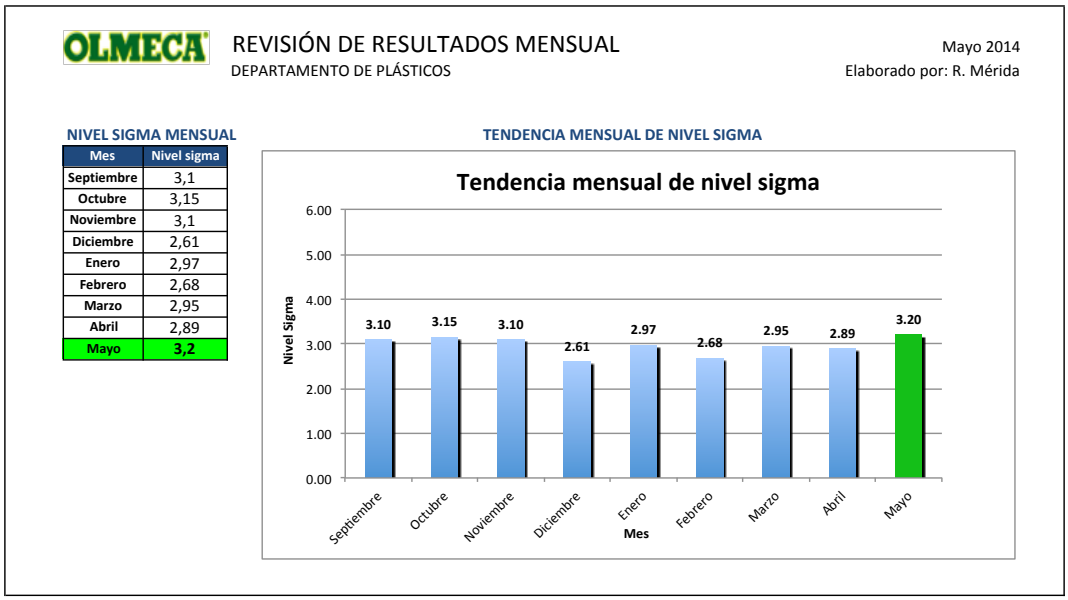
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el modelo de Seis Sigma, luego de la implementación de mejoras se tuvo un incremento en el siguiente nivel sigma 3, lo que significa que ya tiene cierta estabilidad en el control de los procesos, pero se recomienda controlar los resultados para mantener un incremento constante en la productividad del departamento de plásticos.

2.3.2.5. Fase 5: controlar

Esta es la última fase del modelo, la cual consiste en darle seguimiento a los resultados de forma mensual, para verificar el cumplimiento de los mismos y realizar ajustes si es necesario, como parte de la mejora continua. Para ello, se utilizará de forma mensual la plantilla electrónica para el cálculo del nivel sigma descrito anteriormente, para ir verificando el resultado y evaluando factores necesarios para mantener y mejorar el resultado en búsqueda de alcanzar el siguiente nivel sigma. De acuerdo con los resultados obtenidos en la plantilla y en el reporte de resultados presentados anteriormente se consolidan los niveles sigma para la presentación de resultados preparando el siguiente gráfico de control para la tendencia mensual del comportamiento del nivel sigma en el departamento de plásticos, para visualizar la tendencia y reconocer o retroalimentar el esfuerzo del departamento en alcanzar un nivel sigma mayor.

Figura 38. **Gráfico de control de nivel sigma mensual**



Mes	Nivel sigma
Septiembre	3,1
Octubre	3,15
Noviembre	3,1
Diciembre	2,61
Enero	2,97
Febrero	2,68
Marzo	2,95
Abril	2,89
Mayo	3,2

Fuente: elaboración propia.

De ello, se tiene una revisión mensual de resultados respecto del nivel sigma en los procesos productivos de envase plástico PET. Se recomienda a la empresa continuar con la revisión mensual para determinar los ajustes necesarios para mantener una tendencia creciente para alcanzar mes a mes un incremento en la productividad de los procesos.

Finalmente, de este modelo de DMAIC de Seis Sigma, se define un material de apoyo para la capacitación sobre el modelo que se aplicó en el departamento de fabricación de plásticos PET, para que sea accesible la reaplicación del modelo en otros procesos de la empresa Olmeca, S.A. u otros equipos que requieran mejora continua en base a la metodología Seis Sigma para estandarizar procesos y ser más eficientes y productivos. En el anexo, se presenta el material de capacitación para la inducción al modelo de DMAIC del Seis Sigma, aplicado en este trabajo de graduación para incrementar la productividad en Olmeca S.A.

2.4. Productividad después del modelo de mejora

Ya implementado el modelo de mejora Seis Sigma para el departamento de plásticos se procede a validar que los resultados obtenidos, efectivamente, generen un incremento en la productividad del departamento. Por lo que se obtienen los datos de diciembre hasta abril donde se estuvo implementando el modelo. También se obtienen datos de mayo, es decir, después de la implementación de las mejoras, información proporcionada por el jefe de producción y jefe de bodega de materia prima del departamento de plásticos. Acerca de los costos de producción, mano de obra, materia prima y gastos de fabricación se presentan las siguientes tablas:

Tabla XLIV. **Costo total de producción (después)**

A	B	C	D
Mes	Unidades producidas	Costo unitario producción	Costo total de producción (B*C)
Dic	1 029 344	Q. 1,02	Q. 1 049 930,88
Ene	934 825	Q. 1,02	Q. 953 521,50
Feb	999 323	Q. 1,02	Q. 1 019 309,46
Mar	1 099 432	Q. 1,02	Q. 1 121 420,64
Abr	923 575	Q. 1,02	Q. 942 046,50
May	1 250 323	Q. 1,02	Q. 1 275 329,46

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Tabla XLV. **Costo total de mano de obra (después)**

A	B	C	D	E	F	G
Mes	# Empleados	Horas empleadas efectivas (2 turnos por día)	# Días efectivos al mes	Horas efectivas al mes (C*D)	Costo total mano de obra (según Depto. Plásticos)	Costo mano de obra por hora (F/E)
Dic	14	20	27	540	Q. 152 039,54	Q. 281,55
Ene	14	20	28	560	Q. 136 897,20	Q. 244,46
Feb	14	20	24	480	Q. 147 660,05	Q. 307,63
Mar	14	20	25	500	Q. 142 009,08	Q. 284,02
Abr	14	20	28	560	Q. 132 442,73	Q. 236,50
May	14	20	29	580	Q. 134 594,08	Q. 232,06

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Tabla XLVI. **Costo total de materia prima (después)**

A	B	C	D
Mes	Kilos de materia prima consumida	Costo unitario materia prima	Costo total de materia prima (B*C)
Dic	42 451	Q. 11,55	Q. 490 309,05
Ene	40 471	Q. 11,55	Q. 467 440,05
Feb	41 505	Q. 11,55	Q. 479 382,75
Mar	44 661	Q. 11,55	Q. 515 834,55
Abr	25 117	Q. 11,55	Q. 290 101,35
May	34 418	Q. 11,55	Q. 397 527,90

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

Tabla XLVII. **Gastos de fabricación (después)**

A	B
Mes	Gastos de fabricación
Dic	Q. 316 177,32
Ene	Q. 295 937,83
Feb	Q. 381 078,49
Mar	Q. 348 655,18
Abr	Q. 395 115,89
May	Q. 332 621,21

Fuente: departamento de plásticos Olmeca S.A.

De los costos anteriores de producción, mano de obra, materia prima y gastos de fabricación para los meses de diciembre a mayo, se muestra la siguiente figura con el cálculo del índice de productividad después de implementadas las mejoras.

Figura 39. **Índice de productividad después**

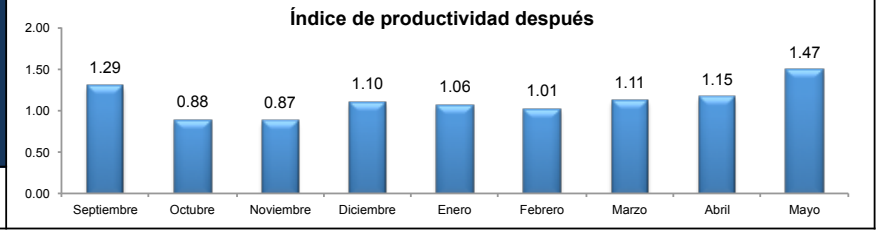
ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD DESPUÉS

COMPARACIÓN ENTRE PERÍODOS

		PERÍODOS								
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
A	Unidades producidas	989 398	636 418	546 068	1 029 344	934 825	999 323	1 099 432	923 575	1 250 323
B	Costo unitario producción (Q)	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
C	Costo de mano de obra por hora (Q)	273,66	249,53	259,52	281,55	244,46	307,63	284,02	236,50	232,06
D	N° de horas empleadas	520	560	560	540	560	480	500	560	580
E	Costo de materia prima unitario (Q)	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55
F	N° de unidades de materia prima empleadas (Kg)	31 387	20 168	17 277	42 451	40 471	41 505	44 661	25 117	34 418
G	Costo de producción (Q) (A*B)	1 009 185,96	649 146,36	556 989,36	1 049 930,88	953 521,50	1 019 309,46	1 121 309,46	942 046,50	1 275 329,46
H	Costo total de mano de obra (Q) (C*D)	142 301,63	139 736,75	145 331,74	152 039,54	136 897,20	147 660,05	142 009,08	132 442,73	134 594,08
I	Costo total de materia prima (Q) (E*F)	362 519,85	232 940,40	199 549,35	490 309,05	467 440,05	479 382,75	515 834,55	290 101,35	397 527,90
J	Gastos de fabricación (Q) (Tabla XX y Tabla XL)	277 174,55	363 916,55	297 037,58	316 177,32	295 937,83	381 078,49	348 655,18	395 115,89	332 621,21
	Indice de productividad actual = G/(H+I+J)	**1,29**	↓ **0,88**	↓ **0,87**	↑ **1,10**	↑ **1,06**	↑ **1,01**	↑ **1,11**	↑ **1,15**	↑ **1,47**
	Porcentaje de incremento o disminución de productividad respecto al período inmediatamente anterior		↓ - 0,32	↓ - 0,02	↑ 0,26	↓ - 0,03	↓ - 0,05	↑ 0,10	↑ 0,03	↑ 0,28

ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD DESPUÉS DE IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS (MAYO)

1,47



Fuente: elaboración propia.

De la figura anterior se determina que el comportamiento del índice de productividad, después de la implementación de la metodología Seis Sigma y de las mejoras en el departamento de plásticos, y luego de comparar entre períodos, generó un incremento que se observa desde febrero con un indicador de 1,29 y con una tendencia ascendente hasta mayo, con un indicador de 1,47. Esto da resultados positivos en comparación con los meses anteriores. Por lo que se determina que el modelo Seis Sigma promueve la mejora continua de los procesos productivos logrando un aumento en la productividad. Se recomienda continuar con la metodología para seguir incrementando la productividad del departamento de plásticos de Olmeca S.A.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA EL DEPARTAMENTO DE FABRICACIÓN DE ENVASE PLÁSTICO PET

El desarrollo de la fase de investigación se basa en el plan de ahorro energético para el departamento de fabricación de envase plástico PET. A continuación se describe la realización de este estudio, las consecuencias ambientales, el estado actual de la empresa y un plan de ahorro propuesto.

3.1. Diagnóstico

En el departamento de fabricación de envase plástico PET no se había realizado un estudio sobre el consumo energético, por lo que se demostró la importancia de este tema ya que no solo reduce costos de operación y pérdidas, sino que es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos. Ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera. En contribución con los ahorros de la empresa y contribución a la sostenibilidad del medio ambiente se desarrolla el siguiente estudio. Con el apoyo del personal del departamento de seguridad industrial y departamento de producción de plásticos se procede a analizar la condición laboral de iluminación del área y también los equipos de producción y de oficina que se utilizan.

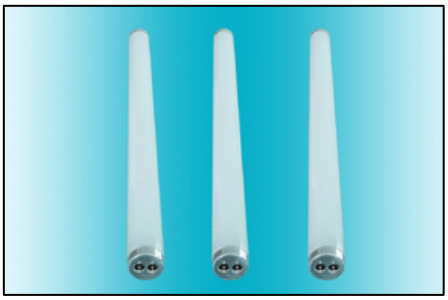
3.1.1. Estudio de iluminación

El departamento de fabricación de envase plástico labora en una jornada continua dividida en dos turnos de trabajo de doce horas cada uno, esto amerita

que el uso de la energía eléctrica para iluminación sea constante. La distribución actual de esta área consta de una bodega de materiales, la nave principal de producción y dos oficinas. El tipo de luminarias que están instaladas actualmente se detalla a continuación: lámparas fluorescentes T-12 y lámparas HID (*High Intensity Discharge*).

Las lámparas fluorescentes T-12, son estables y aptas para iluminación exterior o luminarias con aislamiento térmico reducido. Su área de aplicación es la industria. Dentro de las características se destaca la banda de ignición externa para una ignición mejorada a baja temperatura ambiente.

Figura 40. **Lámparas fluorescentes T-12**



Fuente: lámparas fluorescentes T-12.
http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Lamparas_fluorescente.pdf. Consulta: 13 de abril de 2014.

Sus características: potencia: 30-75 W (vatio), eficacia: 46-80 lm/W (lúmenes por vatio), tiempo de vida: 9 000- 12 000 horas e índice de rendimiento cromático de 42-64.

Las lámparas HID, tienen iluminación más eficiente, ya que desde una pieza pequeña pueden emitir mucha luz, y por las dimensiones compactas de las lámparas, su luz puede ser dirigida con facilidad.

Figura 41. **Lámparas HID**

Fuente: lámparas HID. Sistemas de iluminación. http://sistemamid.com/preview.php?a=4382. Consulta: 20 de abril de 2014.

Sus características: potencia: 400 W (vatio), eficacia: 35-60 lm/W (lúmenes por vatio), tiempo de vida: 9 000- 12 000 horas, índice de rendimiento cromático de 45-60, tono de luz: blanco cálido.

A continuación se presenta el inventario de luminarias distribuidas en el departamento de plásticos. En la siguiente tabla se detalla la información recopilada mediante un trabajo de investigación y consulta en esta área, las variables que se consideraron fueron: cantidad de lámparas, bombillas por unidad, potencia (vatios), tiempo de uso (horas/semana), consumo eléctrico, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{kW/h-Mes} = \text{Watts} * \text{horas/día} * 30$$

Tabla XLVIII. **Inventario de iluminación**

#	Descripción	Cantidad	Bombilla x Unidad	Voltaje	Tipo de balastro	Tipo de bombilla	Longitud	Vatios	Swisich de pared	Braker 2 polos	Hrs x semana	Meses	kWh-mes
1	Iluminación fluorescente	2	2	120	M	T-12	6	56	SI	NO	168	12	150,5
2	Iluminación fluorescente	1	2	120	M	T-12	6	56	SI	NO	83	12	37,18
3	Iluminación fluorescente	1	2	120	M	T-12	4	40	SI	NO	84	12	26,88
4	Iluminación fluorescente	1	2	120	M	T-12	8	75	SI	NO	168	12	100,8
5	Iluminación fluorescente	2	2	120	M	T-12	4	40	SI	NO	84	12	53,76
6	Iluminación fluorescente	2	4	120	E	T-8	4	32	SI	NO	84	12	86,02
7	Iluminación HD	22	1	240	MH	HQL	0	400	SI	SI	84	12	2 957
												Consumo KWH / mes	**3 412**

Fuente: elaboración propia.

Por lo que se determinó que el consumo eléctrico en enero fue de 3 412 kW/h-mes. A continuación en el siguiente inciso se presenta el consumo eléctrico actual para los equipos de producción y de oficina, que también se deben considerar dentro de los servicios de energía que se utilizan en la planta Olmeca.

3.1.2. Estudio de equipos de producción

En el departamento de fabricación de envase plástico existe una gran demanda eléctrica debido al tipo de proceso que aquí se realiza, ya que el termo formado de los plásticos demanda del uso de altas temperaturas y procesos de enfriamiento rápido para poder darle forma a las piezas trabajadas en las máquinas inyectoras y sopladoras. Dentro de este análisis se tomaron en cuenta equipos de los siguientes tipos: refrigeración, aire acondicionado y resistivo. Para cada uno de los equipos incluidos en el presente análisis se tomaron en cuenta datos de fábrica para calcular el consumo teórico, estos datos fueron tomados de las placas de datos técnicos de cada uno de los

equipos, y el cálculo del consumo eléctrico se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$HP = kW / 0{,}736$$

Donde,

HP = Potencia expresada en caballos fuerza

kW = Potencia expresada en kilovatio

Para determinar el consumo real de cada uno de los equipos se procedió a utilizar equipos eléctricos de medición para obtener datos como los siguientes: corriente (I) expresada en amperios, voltaje (V) expresado en voltios, fase y factor de potencia.

Así mismo, se estableció el tiempo de funcionamiento de cada uno de los equipos expresado en horas, con estos datos se pudo determinar mediante la siguiente fórmula el consumo real de cada equipo. Fórmula para calcular el consumo kW (kilovatios) de equipos eléctricos:

$$kW = (1.73 * I * V * \cos ¢) / (1000)$$

Donde,

kW = potencia expresada en kilovatio

I = corriente expresada en amperios

V = voltaje expresado en voltios

¢ = factor de potencia, indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, los valores se encuentran entre 0 y 1.

Según el contrato de energía eléctrica que la empresa tiene, el factor de potencia establecido es de 0,93. Con base en este dato se procedió a calcular el consumo eléctrico de los equipos en el área de producción así como los

equipos de oficina. Referirse a las siguientes tablas, en las que se muestra que el consumo eléctrico para equipos de oficina se encuentra en 159,79 kW/h-mes, y para los equipos de producción se encuentra en 118 891,50 kW/h-mes. Mismos que se tomaran en cuenta para identificar oportunidades de mejora para la reducción del consumo eléctrico.

Tabla XLIX. **Consumo eléctrico de los equipos de oficina**

#	Descripción	Cantidad	Voltaje	Vatios	Horas por semana	Meses	kWh-mes
1	Computador y monitor	5	120	5,10	72	12	7,34
2	Extractores e inyectores de aire	2	220	60,00	72	12	34,56
3	Multifuncional	2	120	125,00	72	12	72,00
4	Oasis agua pura	3	120	50,00	72	12	43,20
5	Báscula	2	120	4,00	84	12	2,69
						TOTAL	**159,79**

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Consumo eléctrico de los equipos de producción**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLTAJE	AMPERAJE	FASE	POTENCIA (HP)	POTENCIA TOTAL (HP)	HORAS POR SEMANA	KWH TEÓRICO/MES	KWH REAL/ MENSUAL	EFICIENCIA (%)
1	Compresor 2	1	460	33	3	22	22	60	3 880,80	3 767,99	103 %
2	Compresor 3	1	460	33	3	22	22	60	3 880,80	3 767,99	103 %
3	Compresor 4	1	460	33	3	22	22	60	3 880,80	3 767,99	103 %
4	Compresor Kaeser No. 1	1	460	98	3	66	66	96	18 627,84	17 903,66	104 %
5	Secador Kaeser No. 1	1	460	4	3	2	2	96	564,48	639,42	88 %
6	Motor	2	460	12	3	8	16	112	5 268,48	5 115,33	103 %
7	Motor reciclador plástico	1	460	18	3	12	12	56	1 975,68	1 918,25	103 %
8	Motor reciclador plástico	1	460	18	3	12	12	56	1 975,68	1 918,25	103 %
9	Motor reciclador plástico	1	460	9	3	6	6	56	987,84	959,12	103 %
10	Chiller Pol. colorante	1	460	7	3	5	5	96	1 411,2	1 278,83	110 %
11	Chiller Máquina Pet 2	1	460	7	3	5	5	96	1 411,2	1 278,83	110 %
12	Chiller Máquina Pet 3	1	460	7	3	5	5	24	352,8	319,71	110 %
13	Chiller Máquina Pet Pm500 TD	1	460	7	3	5	5	24	352,8	319,71	110 %
14	Inyectora Pol. colorantes	1	460	25	3	17	17	96	4 798,08	4 567,26	105 %
15	Maquina inyectora Pet. 3	1	460	57	3	38	38	96	10 725,12	10 413,35	103 %
16	Maquina inyectora Pet. 2	1	460	57	3	38	38	96	10 725,12	10 413,35	103 %
17	Secador PET	1	460	13	3	9	9	96	2 540,16	2 374,98	107 %
18	Secador Máquina Pet 3	1	460	13	3	9	9	96	2 540,16	2 374,98	107 %
19	Secador Pet. Pm500 TD	1	460	13	3	9	9	96	2 540,16	2 374,98	107 %
20	Sop. Polietileno 2	1	460	7	3	5	5	96	1 411,2	1 278,83	110 %
21	Sop. Polietileno 1	1	460	39	3	26	26	24	1 834,56	1 781,23	103 %
22	Sop. Polietileno 5	1	460	39	3	26	26	96	7 338,24	7 124,93	103 %
23	Sop. Preformas Pet 1,2,3	3	460	31	3	21	63	96	17 781,12	16 990,21	105 %
24	Sop. Polietileno 6	1	460	39	3	26	26	96	7 338,24	7 124,93	103 %
25	Troqueladora Tapas	1	460	4	1	1	1	96	282,24	639,42	44 %
26	Molino 1	1	460	18	3	12	12	96	3 386,88	3 288,43	103 %
27	Molino 2	1	460	9	3	6	6	15	264,6	256,91	103 %
28	Molino 3	1	460	9	3	6	6	96	1 693,44	1 644,21	103 %
29	Máquina 4	1	460	18	3	12	12	96	3 386,88	3 288,43	103 %
								Total consumo teórico - real KWH por mes	**123 156,60**	**118 891,50**	

Fuente: elaboración propia.

3.2. Consecuencias ambientales del consumo energético

En mayor o menor grado, la extracción, producción, transporte y consumo de energía produce alteraciones medio ambientales, afectando también la vida y desarrollo del ser humano. Algunos efectos que se pueden mencionar como consecuencia del consumo energético en el mundo son:

Contaminación visual: producida por las construcciones de las fábricas que alteran el paisaje. Las torres de extracción de petróleo, torres de alta tensión, los miles de cables eléctricos que cruzan los cielos de las ciudades y pueblos, los molinos eólicos y otros.

Contaminación atmosférica: alteración de la composición natural del aire, por emisiones de gases tóxicos producidos por la combustión del petróleo o sus derivados (bencina, parafina, diesel, etcétera), gas, carbón o leña. Es una de las más conocidas, siendo la contaminación urbana la más seria por el daño inmediato que se produce en la salud de las personas que viven en las ciudades. La contaminación atmosférica trae como consecuencia dos fenómenos que amenazan gravemente el equilibrio del ambiente.

Lluvia ácida: alteración de la composición de la lluvia, producto de los elementos contaminantes que se encuentran en la atmósfera (óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre), los que se transforman en ácido al contacto con el agua, y al caer con la lluvia, matan la vida vegetal y corroen construcciones de piedra caliza y metales (estatuas, edificios, puentes). La lluvia ácida se ve con frecuencia en las zonas altamente industrializadas y en las grandes ciudades.

Calentamiento del planeta (efecto invernadero): se produce debido a que la cantidad de gases acumulados en la atmósfera (dióxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, y otros), forma una capa que no permite que la radiación solar que rebota en la superficie del planeta, escape hacia el espacio. Esto produce un fenómeno de "inversión térmica", conocido también como "efecto invernadero" el que provoca un aumento en la temperatura global del planeta. Alteración de ecosistemas con destrucción de la biodiversidad: la pérdida del equilibrio en los

ecosistemas (extinción de especies vegetales y animales) puede ser producida por distintos tipos de contaminación.

Contaminación de aire: producida por la combustión de combustibles como petróleo, gas, kerosene, etcétera. Contaminación de agua: producida por derrames de combustibles en mar, lagos, ríos, etcétera, o por lluvia ácida o filtración de combustibles a las napas subterráneas de agua. Contaminación de tierra: producida por elementos tóxicos que se producen de la combustión incompleta de energéticos de origen fósil, o que van a depositarse sobre el suelo por la acción de la lluvia ácida. Este tipo de contaminación puede darse, además, por la construcción de embalses y centrales hidroeléctricas, donde es necesario inundar extensas áreas, alterando drásticamente el ecosistema del lugar.

Pérdida de vegetación (bosques, matorrales, etcétera) y erosión de suelos: producido por la tala indiscriminada de árboles y arbustos para usarlos como combustibles u otros fines. Debido a esto hay varias especies que están en peligro de extinción. Agotamiento de los recursos naturales: por explotación sostenida, y hasta hace algunos años sin control alguno, de los recursos energéticos fósiles y biomasa (leña) se produce un agotamiento del recurso. Todo lo antes mencionado, afecta la salud y el desarrollo de la vida en general.

3.3. Consumo de energía anual de la empresa

La empresa Olmeca S.A está autorizada para operar en el mercado mayorista de electricidad de Guatemala como gran usuario, esto debido a que según el artículo 5 del *Reglamento del administrador del mercado mayorista*, la empresa, Olmeca S.A, tiene una demanda mayor a los 100 kilovatios (kW). El suministro eléctrico a la empresa llega por medio de líneas de conducción de 69

000 voltios a una central de transformación primaria que transforma esa energía a un voltaje de 13 000 voltios y varios transformadores instalados dentro de la empresa para tener los voltajes requeridos por los equipos en cada unidad de trabajo. Estos voltajes de operación varían entre 110-460 voltios. Actualmente, el precio de la energía eléctrica que es utilizada en la empresa es del 0,21 $/kW-H.

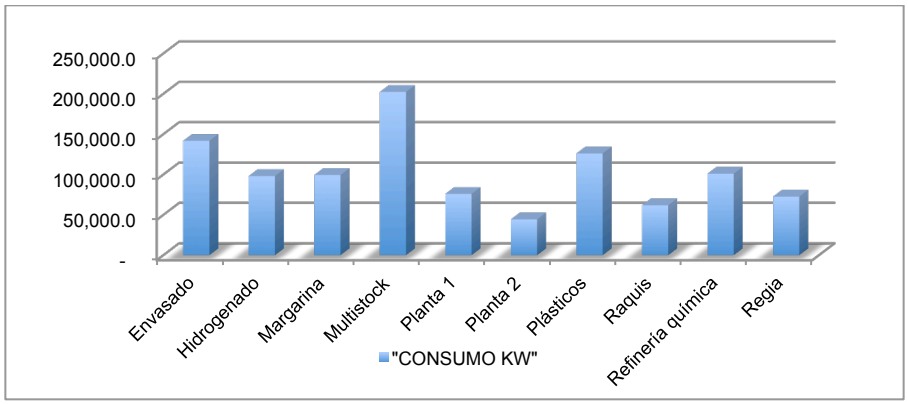
Previo a conocer estadísticas de energía eléctrica es necesario diferenciar dos términos que serán muy comunes en adelante. Energía eléctrica: forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos. Se mide en vatios hora (Wh). Potencia eléctrica: es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo. Se mide en vatios (W), que es el equivalente a 1 jules por segundo (1 J/s). Los consumos históricos de la empresa Olmeca S.A. del año 2010-2013, están dados en la siguiente tabla.

Tabla LI. **Consumo de energía y potencia acumulada 2010-2013**

Transformador	2010		2011		2012		2013	
	Energía (KW-H)	Potencia (KW)	Energía (KW-H)	Potencia (KW)	Energía (KW-H)	Potencia (KW)	Energía (KW-H)	Potencia (KW)
Envasado	137 149,70	407,60	147 897,20	396,90	142 621,40	397,10	137 456,30	404,90
Hidrogenado	81 671,20	189,80	104 241,30	234,40	105 811,20	229,40	97 150,40	234,50
Margarina	96 609,30	282,10	105 028,20	300,20	95 435,00	290,20	100 365,10	300,40
Multistock	196 946,30	343,80	206 869,60	623,60	198 611,80	347,90	207 910,30	351,60
Planta 1	106 250,50	219,10	60 802,60	153,70	70 427,20	158,60	64 658,90	152,30
Planta 2	33 081,10	126,60	39 345,60	142,40	57 391,80	181,50	47 491,30	159,40
Plásticos	122 153,10	305,40	129 294,90	313,10	127 387,80	331,50	124 595,40	335,40
Raquis	64 141,70	125,50	62 942,70	123,50	127 387,80	111,70	59 149,60	110,40
Refineria química	109 810,10	256,50	111 089,30	262,40	59 970,50	213,00	89 578,50	233,00
Regia	61 390,40	200,80	79 190,60	252,00	90 908,70	275,80	75 025,00	284,40
Total general	**100 807,10**	**246,90**	**104 670,20**	**280,20**	**75 381,60**	**253,70**	**100 338,10**	**256,60**

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Historial consumo promedio (kW/h) período 2010-2013**



Fuente: elaboración propia.

Se observa que en los últimos dos años se ha tenido un pequeño descenso en consumo de potencia y energía, así mismo, esta tendencia no se controla para que se mantenga o siga reduciendo. En el gráfico se observa que el departamento con mayor consumo en los últimos cuatro años en promedio es el de Multistock, departamento de producción encargado de refinar aceite, seguido por el departamento de envasado.

3.4. Consumo actual de energía

A continuación se presenta el consumo actual de energía del departamento de plásticos del período 2010-2013.

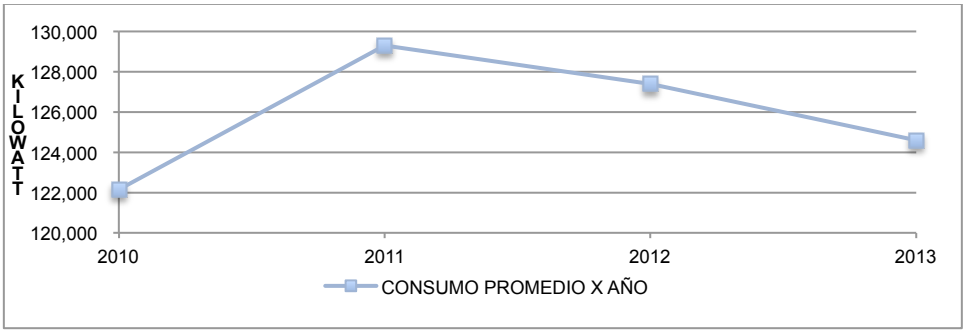
Tabla LII. **Consumo actual de energía**

Año	Consumo kWh	Potencia kW
2010	122 153	305
2011	129 295	313
2012	127 388	332
2013	124 595	335
Promedio	125 973	320

Fuente: elaboración propia.

De ello, se procede a graficar el historial del consumo promedio en kW/h, durante el período 2010 a 2013 para el departamento de plásticos.

Figura 43. **Energía promedio (kW/h)**



Fuente: elaboración propia.

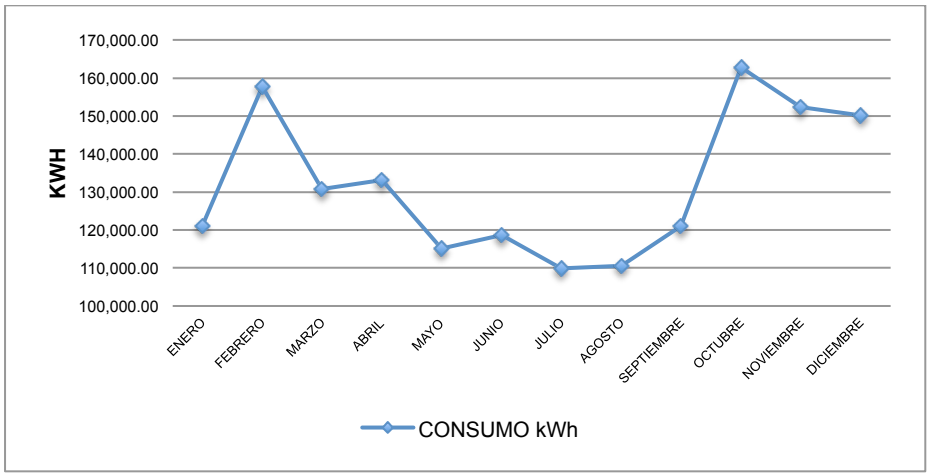
Por lo que se observa que el departamento de plásticos tiene un consumo eléctrico promedio anual de 125 973 kW/h, potencia de 320 kW. 2011 es el año con mayor alce en consumo y 2012, 2013 indican tendencia a reducir, pero es importante seguir midiendo y controlando el consumo. A continuación se detalla el consumo por mes.

Tabla LIII. **Consumo de energía y potencia promedio mensual 2013**

Mes	Energía (kW-H)	Potencia kW
Enero	121 000	352,00
Febrero	157 704	370,90
Marzo	130 717	253,10
Abril	133 143	337,30
Mayo	115 051	332,60
Junio	118 672	360,70
Julio	109 831	323,40
Agosto	110 645	352,90
Septiembre	121 089	358,90
Octubre	162 709	349,00
Noviembre	152 342	345,20
Diciembre	150 109	362,10
Total	**1 583 012**	**4 098,10**
Promedio mensual	**131 918**	**341,51**

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Historial consumo eléctrico promedio mensual 2013**



Fuente: elaboración propia.

Por lo que se observa, el departamento de plásticos tiene un consumo eléctrico promedio mensual de 131 918 kW/h, potencia de 341,5 kW. Octubre tiene mayor alza en consumo; los últimos dos meses estudiados indican tendencia a reducir, pero es importante seguir midiendo y controlando el consumo. Ya definidos los consumos eléctricos actuales de la planta Olmeca y para el departamento de fabricación de plásticos, a continuación se detalla la metodología para determinar el consumo de energía ideal.

3.4.1. Metodología para determinar el consumo de energía ideal

Para determinar el consumo de energía ideal del departamento de fabricación de plásticos se implementa la metodología de levantamiento eléctrico, la cual consiste en calcular por medio de las especificaciones de los equipos cuánto se consume y cuánto se puede en ahorrar el consumo eléctrico en kW/h de la iluminación y de los equipos resistivos (máquinas, motores, sistemas de aire, sistemas de enfriamiento) que se utilizan para la fabricación de envases plásticos. En base a este indicador se puede establecer el consumo

actual por equipos y con esto tener un parámetro de comparación para determinar si se reduce el consumo eléctrico en este departamento.

Debido a que en la empresa no se cuenta con una metodología para determinar el consumo por equipos se realizó una medición dentro del departamento para establecer los indicadores. Especificaciones de operación para el equipo alimentador de tablero: servicio de voltaje: 220/460 V, hertz: 60 Hz, amperaje: 1500 A., fases: 3, líneas vivas: 4 cables de calibre 500 MCM, cable de tierra: 1 cable de calibre 500 MCM y cable neutral: 4 cable de calibre 500 MCM.

Con las especificaciones del equipo se procede a efectuar un trabajo de campo, se realizaron las siguientes mediciones de consumo eléctrico y se determinaron los consumos reales de cada uno de los equipos del departamento de plásticos.

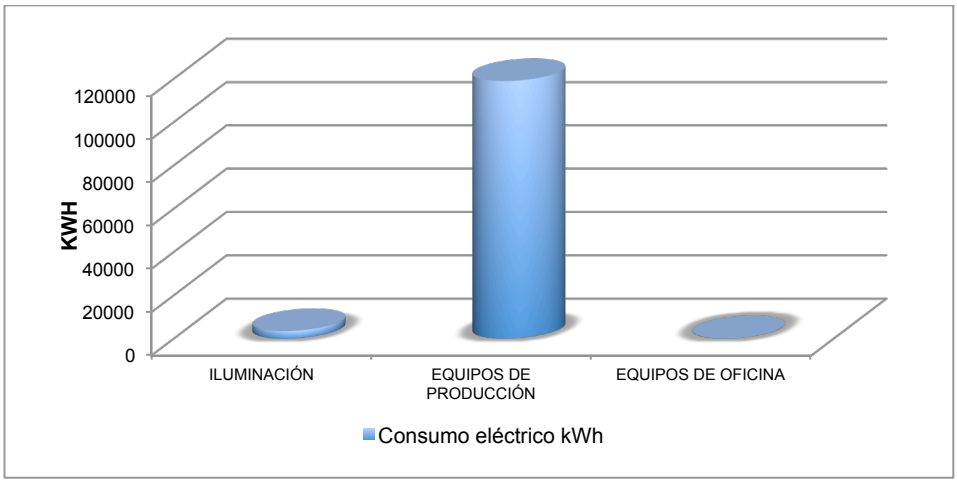
Tabla LIV. **Consumo eléctrico real**

Descripción	Consumo teórico (kW-H)	Consumo real (kW-H)	Eficiencia (%)	Factor de potencia
Iluminación	3 411,97	3 411,97	100 %	0,93
Equipos de producción	123 156,60	118 891,50	102 %	0,93
Equipos de oficina	159,79	159,79	100 %	0,93
Totales	126 728,36	122 463,26		

Fuente: elaboración propia.

De ello, se procede a graficar el consumo eléctrico del departamento de plásticos para iluminación, equipos de producción y equipos de oficina.

Figura 45. **Gráfico del consumo eléctrico**



Fuente: elaboración propia.

Por lo que se observa, el mayor consumo de energía radica en los equipos de producción, lo que equivale a que los costos por energía están centralizados en estos equipos, de ahí que se priorizará en la implementación de mejora en el consumo eléctrico. Para el análisis de iluminación se realizó un análisis económico por cambio de luminarias. A continuación se presenta la siguiente tabla como resumen del costo actual por consumo eléctrico contra el costo al instalar nuevas luminarias, de ahí se obtiene el ahorro que se proyecta.

Tabla LV. **Costos actuales y costos propuestos**

Descripción	Consumo año (kW-H)	Costo kWH	Costo actual / año
Iluminación (actual)	40 943,62	$ 0,21	$ 8 598,16
Iluminación (propuesto)	22 318,46	$ 0,21	$ 4 686,88
Ahorro anual			**$ 3 911,28**

Fuente: elaboración propia.

Dentro del plan de ahorro, se desarrolla la siguiente tabla con los costos necesarios proyectados para priorizar en la implementación de cada uno.

Tabla LVI. **Costos proyectados por mejora en luminarias**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Lámpara industrial 4x54 fluorescente T-%	22	$ 311,66	$ 6 856,50
Lámpara interior industrial 2x28 fluorescente T-5	9	$ 108,30	$ 974,68
Instalación	22	$ 92,95	$ 2 044,87
Total inversión			**$ 9 876,05**

Fuente: elaboración propia.

Se establecerá un plan de ahorro para equipos de producción, seguidamente propuestas de ahorro para la iluminación donde también hay oportunidad de mejora.

3.5. Plan de ahorro energético propuesto

El plan de ahorro energético que se propone está basado en los equipos de producción donde se tienen los mayores consumos de energía, estos son de mayor impacto y los cuales son de prioridad para una idea de mejora. A continuación, se presenta el plan de ahorro que contiene para cada idea de mejora, el propósito, inversión necesaria y ahorro proyectado.

Tabla LVII. **Plan de ahorro energético propuesto**

#	Propuesta de mejora	Imagen	Propósito	Cantidad	Inversión necesaria (Q)	Ahorro proyectado
1	Lámpara interior industrial 4x54 fluorescente T5 216 W 240 V.		Reducir el consumo eléctrico de esta luminaria, sustituyendo 21 6W por 400 W, por otra lámpara de menor consumo para ubicarla en el departamento de plásticos.	22	Q 2 430,00 c/u + instalación Q 725,00, total Q 69 430,00	Q 9 876,00
2	Lámpara interior industrial 6x54 fluorescente T5 324 W 240 V.		Reducir el consumo eléctrico de esta luminaria, sustituyendo 324 W por 400 W, por otra lámpara de menor consumo para ubicarla en el departamento de plásticos.	8	Q 2 430,00 c/u + instalación Q 725,00, total Q 69 430,00	
3	Campaña de concientización a todos los empleados sobre el cuidado del recurso energía.	Afiches publicitarios con claves de como ahorrar energía en el lugar de trabajo, colocados en las instalaciones de la planta.	Concientizar a todos los colaboradores de la planta para que contribuyan en el ahorro y en el impacto al medio ambiente.	10	Q 100,00 c/afiche a colores, total Q 1 000,00	Cultura sobre el ahorro energético.
4	Implementación de nueva tecnología como modelo energético sostenible.	 La nueva tecnología utiliza un material compuesto denominado EMF-7 para proporcionar una estructura molecular estable, diferenciar cada unidad y generar una corriente eléctrica más débil (0,006 – 0,009 mA) con una durabilidad entre 30-100 años.	Implementar nueva tecnología de ahorro energético FORCE, ahorro garantizado del 5 % en todo el sistema eléctrico, reduciendo la potencia reactiva, los equipos armónicos, los equipos resistivos y las ondas electromagnéticas dañinas para reducir la factura de electricidad.	1	Alrededor de Q 20 000,00 dependiendo la capacidad necesaria de la empresa.	Reduce la potencia reactiva y equipos armónicos entre el 20-30 % y reduce el efecto de pérdida resistiva en el intercambio de la electricidad.
5	Corrección del factor de potencia.	La corrección del factor de potencia debe ser realizada de una forma cuidadosa con objeto de mantenerlo lo más alto posible.	Corregir el factor de potencia por medio de capacitores de CFP para reducir la cantidad de carga inductiva con medidores de energía activa y reactiva, análisis del costo energético y estudios de calidad de energía.	1	Dependiendo de la subestación de la planta en sus cargas resistivas, inductivas y capacitivas	Reduce el costo de energía, la generación, transporte y distribución. Aprovecha la capacidad de distribución interna. Reduce pérdidas eléctricas. Evita penalidades por bajo factor de potencia y mejora la calidad de energía.

Fuente: elaboración propia.

Queda como propuesta este plan descrito para revisión y autorización de la Gerencia de Olmeca, para su implementación respectiva. Como adicional, se compartió en las instalaciones de la planta un afiche sobre claves para ahorrar energía en el lugar de trabajo, esto para que todos los colaboradores lo practiquen diariamente y contribuyan a este ahorro.

Figura 46. **Claves para ahorrar energía en el lugar de trabajo**

Apagar los equipos eléctricos
Establecer como regla que las computadoras, impresoras, ventiladores, calentador/enfriador de agua y hasta las cafeteras, estén apagadas y en lo posible desconectados al término de la jornada laboral.

Limpiar con frecuencia los filtros del aire acondicionado
Establecer en forma permanente un programa de mantenimiento y limpieza al equipo eléctrico, por ejemplo, de lámparas y aires acondicionados.

Apagar los equipos cuando no estén en uso
Las computadoras y otros equipos (fotocopiadoras e impresoras, sistema de iluminación), suelen estar encendidos todo el día y hasta en la noche. Apáguelos al terminar la jornada laboral.

Apagar los monitores de las computadoras
Puede ahorrar mucha energía eléctrica si apaga el monitor; éste utiliza un alto consumo de electricidad.

Aprovechar la energía solar
Permita que el sol se filtre hacia las oficinas, levantando cortinas y/o persianas.

No permitir que se desperdicie energía por las ventanas
Si la oficina cuenta con aire acondicionado, asegúrese que las ventanas estén bien cerradas.

Apagar las luces
Apagar las luces siempre que las oficinas estén desocupadas.

Recordatorio para apagar los equipos
Colocar recordatorios ayuda a adquirir esta importante costumbre. Hacer nuevos recordatorios cada cierto tiempo, para volver a llamar la atención del usuario.

Encender sólo lo necesario
Si trabaja durante la noche, ilumine sólo las áreas que necesite y apague los equipos que no esté utilizando.

Emplear tecnología que ahorre energía eléctrica
Una empresa siempre debe de elegir un servidor con la mayor eficiencia energética disponible.

Optimizar aplicaciones
El software ineficiente, incluso aquel que genera poco valor de negocio, deberá ser depurado, optimizado o descontinuado.

Mantenimiento de centros de cómputo
Los administradores de centros de cómputo deben mejorar la eficiencia de sus instalaciones para asegurar que todos los equipos estén funcionando de manera óptima y disminuir los requerimientos de enfriamiento.

Fuente: *Claves para ahorrar energía en el lugar de trabajo*. http://portalsej.jalisco.gob.mx/ahorro-energia. Consulta: 5 de mayo de 2014.

4. FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIONES

En la actualidad, la capacitación de los recursos humanos es la respuesta a la necesidad que tienen las empresas o instituciones de contar con un personal calificado y productivo, procurando actualizar sus conocimientos con las nuevas técnicas y métodos de trabajo que garantizan eficiencia. Por ello, para que el personal del departamento de fabricación de plásticos tenga la capacidad de trabajar con la metodología Seis Sigma se presenta a continuación el procedimiento de diagnóstico, planificación, programación y evaluación de necesidades de capacitación que se requieren para incrementar su productividad.

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

El departamento de fabricación de plásticos no contaba con un procedimiento para la capacitación del personal bien documentado y dirigido a las necesidades de la organización. En vista de ello, se desarrolló un procedimiento estándar para la detección y priorización de necesidades de capacitación en conjunto con el departamento de recursos humanos para tener bien definido los pasos por seguir, los responsables de la ejecución y el seguimiento del mismo y la evaluación de la capacitación para garantizar los conocimientos y habilidades para cada colaborador.

El proceso de diagnóstico de necesidades de capacitación, según se definió en el procedimiento estándar, orienta la estructuración y desarrollo de planes y programas para el establecimiento y fortalecimientos de conocimientos, habilidades o actitudes en los participantes del departamento de

plásticos contribuyendo a la implementación de la metodología Seis Sigma, a fin de lograr sus objetivo. Para ello, se preparó un formato como herramienta para realizar el diagnóstico de acuerdo con el estado actual en capacitación del personal. Este formato expresa una lista de los conocimientos y habilidades que el personal necesita para ejercer sus funciones laborales, abarcando áreas como seguridad industrial, control de calidad, mantenimiento y operación en sí y, posteriormente, se define el nombre del entrenamiento.

Figura 47. **Formato para el diagnóstico de necesidades de capacitación**

OLMECA

Diagnóstico de necesidades de capacitación

Departamento: Fabricación de plásticos
Monitorea: Jefe de Producción de Plásticos
Ejecuta: Supervisor de Producción
Soporte: Departamento de Recursos Humanos

Fecha: 30-Jan-14
Firma: _____
Firma: _____
Firma: _____

#	Necesidad de capacitación	Área de conocimientos / habilidades	Nombre del entrenamiento
1	*Conocimientos de seguridad e higiene industrial del departamento*	Seguridad industrial	Inducción de seguridad industrial
2	*Conocimientos fundamentales de riesgos eléctricos del departamento*		Riesgos eléctricos
3	*Conocimientos y habilidades fundamentales del uso y manejo de extintores en el departamento*		Manejo de extintores
4	*Conocimientos y habilidades para cumplir con ergonomia durante sus horas laborales*		Ergonomía
5	*Conocimiento de las normas de buenas prácticas de manufactura aplicadas al departamento*	Control de calidad	Buenas prácticas de manufactura
6	*Conocimiento y aplicación del monitoreo de calidad en producto terminado del proceso de fabricación del departamento*		Monitoreo de calidad
7	*Conocimientos fundamentales de la normativa HACCP*		Inducción a HACCP
8	*Conocimientos básicos de la importancia de la metodología 5'S*		Inducción a 5'S
9	*Conocimientos y aplicación de la mejora en la productividad del departamento*		Mejora de productividad del departamento de plásticos
10	*Conocimientos sobre manejo de registros, como registrar, como almacenar y como controlar*		Manejo de registros
11	*Conocimiento y aplicación del Modelo Seis Sigma para implementación en el departamento*		Inducción a Seis Sigma
12	*Conocimientos fundamentales de la estadística básica*		Inducción a controles estadísticos
13	*Conocimientos y aplicación para un análisis de productividad en los procesos del departamento*		Análisis de productividad de los procesos
14	*Conocimientos del procedimiento del mantenimiento preventivo en el departamento*	Mantenimiento	Mantenimiento preventivo
15	*Conocimientos y habilidades del arranque correcta de una máquina*	Operación	Arranque de máquina
16	*Conocimientos y habilidades del procedimiento de empacado de producto terminado*		Empacado
17	*Conocimientos y habilidades del procedimientos de entarimado de producto terminado ya empacado*		Entarimado

Fuente: elaboración propia.

4.2. Planificación de capacitaciones

Ya definidas las necesidades de capacitación para el personal del Departamento de Fabricación de Plásticos, se procede a priorizar los entrenamientos, tomando como criterio la siguiente nomenclatura. Prioridad A: aquellos entrenamientos críticos, en donde el personal no puede operar si no completa sus entrenamientos prioridad A, para garantizar su seguridad y la del departamento. Prioridad B: son todos aquellos entrenamientos mayores, para ejercer sus funciones laborales. Prioridad C: son los complementarios, adicionales a las funciones principales.

Por lo tanto, los entrenamientos prioridad A son los primeros en la planificación para capacitar al personal, ya que sin completarlos no pueden operar ni realizar cualquier tarea, ya que lo más importante es que tengan los conocimientos y habilidades necesarias para garantizar su seguridad y la de los demás, así como la integridad de los productos alimenticios, cumpliendo con la metodología Seis Sigma. Posteriormente, se planifican los entrenamientos prioridad B que son parte de sus funciones laborales y, por último, se planifican los entrenamientos prioridad C que son complementarios a su rol.

De ello, se preparó un formato para la planificación mensual de capacitaciones, el cual consiste en describir según las áreas de conocimientos y habilidades definidas en el diagnóstico de necesidades los principales entrenamientos, con el entrenador capacitado, quien es el experto en el tema de capacitación y la prioridad que aplica a cada entrenamiento.

Figura 48. **Formato para la planificación mensual de capacitaciones**

OLMECA

Planificación mensual de capacitaciones

Departamento: Fabricación de plásticos
Monitorea: Jefe de Producción de Plásticos
Ejecuta: Supervisor de Producción
Soporte: Departamento de Recursos Humanos

Mes: Febrero
Firma: _____
Firma: _____
Firma: _____

#	Área de conocimientos / habilidades	Nombre del entrenamiento	Entrenador capacitado	Prioridad
1	Seguridad industrial	Inducción de seguridad industrial	Jefe de seguridad	A
2	Seguridad industrial	Riesgos eléctricos	Jefe de seguridad	A
3	Control de calidad	Buenas prácticas de manufactura	Jefe de calidad	A
4	Control de calidad	Monitoreo de calidad	Jefe de calidad	A
5	Control de calidad	Inducción a HACCP	Jefe de calidad	A
6	Seguridad industrial	Manejo de extintores	Jefe de seguridad	B
7	Seguridad industrial	Ergonomía	Jefe de seguridad	B
8	Control de calidad	Inducción a 5'S	Jefe de calidad	B
9	Mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Jefe de mantenimiento	B
10	Operación	Arranque de máquina	Supervisor de producción	B
11	Operación	Empacado	Supervisor de producción	B
12	Operación	Entarimado	Supervisor de producción	B
13	Control de calidad	Mejora de productividad del departamento de plásticos	Jefe de calidad	C

Para priorizar los entrenamientos siga la siguiente nomenclatura:

Prioridad A: entrenamientos críticos, no puede operar si no completa sus entrenamientos prioridad A
Prioridad B: entrenamientos mayores, forman parte para ejercer sus funciones laborales
Prioridad C: entrenamientos complementarios, son adicionales a sus funciones principales

Fuente: elaboración propia.

4.3. Programa de capacitaciones

Ya determinada la planificación de capacitaciones y priorizados los entrenamientos, se procede a definir la fecha programada, el tiempo de duración de la capacitación y el tipo de entrenamientos. Sala: aquellos entrenamientos que se imparten en una sala o un salón de reuniones por medio de una presentación para proyectar a la audiencia. Campo: los que tienen lugar en el campo de la operación, es decir, directamente en el área de fabricación para tener un mayor alcance en el entendimiento del tema por capacitar y tener la habilidad para ejecutar la tarea. Auto-entrenamiento: aquellos que se imparten vía electrónica, en donde el participante decide en qué momento tomar el entrenamiento por medio de su computadora.

También incluye los documentos físicos, como procedimientos y formatos de ayuda de trabajo, donde el participante lee el contenido del material por cuenta propia.

De ello, se preparó un formato para la programación mensual de capacitaciones, el cual debe ejecutarse y realizar las actividades en las fechas establecidas. Tomando en cuenta que debe completar el 100 % de entrenamientos prioridad A. Cualquier entrenamiento B o C que no se haya impartido en el mes planeado, debe reportarse y justificarse ante la jefatura de producción y recursos humanos.

Figura 49. **Formato para la programación mensual de capacitaciones**

OLMECA

Programa mensual de capacitaciones

Departamento: Fabricación de plásticos **Mes:** Febrero
Monitorea: Jefe de Producción de Plásticos Firma: _____
Ejecuta: Supervisor de Producción Firma: _____
Soporte: Departamento de Recursos Humanos Firma: _____

#	Área de conocimientos / habilidades	Nombre del entrenamiento	Entrenador capacitado	Prioridad	Tipo de entrenamiento	Duración (Min)	Fecha
1	Seguridad industrial	Inducción de seguridad industrial	Jefe de seguridad	A	Sala	30	20-Feb-14
2	Seguridad industrial	Riesgos eléctricos	Jefe de seguridad	A	Sala	60	20-Feb-14
3	Control de calidad	Buenas prácticas de manufactura	Jefe de calidad	A	Sala	60	20-Feb-14
4	Control de calidad	Monitoreo de calidad	Jefe de calidad	A	Sala/campo	60	20-Feb-14
5	Control de calidad	Inducción a HACCP	Jefe de calidad	A	Sala	60	20-Feb-14
6	Seguridad industrial	Manejo de extintores	Jefe de seguridad	B	Sala	30	21-Feb-14
7	Seguridad industrial	Ergonomía	Jefe de seguridad	B	Sala	60	21-Feb-14
8	Control de calidad	Inducción a 5'S	Jefe de calidad	B	Sala	30	21-Feb-14
9	Mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Jefe de mantenimiento	B	Sala/campo	60	24-Feb-14
10	Operación	Arranque de máquina	Supervisor de producción	B	Campo	60	24-Feb-14
11	Operación	Empacado	Supervisor de producción	B	Campo	60	25-Feb-14
12	Operación	Entarimado	Supervisor de producción	B	Campo	60	25-Feb-14
13	Control de calidad	Mejora de productividad del departamento de plásticos	Jefe de calidad	C	Sala	60	28-Feb-14

Tomar en cuenta que debe completar el 100 % de entrenamientos prioridad A. Cualquier entrenamiento B o C que no se haya impartido en el mes planeado, debe reportarse y justificarse ante la jefatura de producción y recursos humanos.

Fuente: elaboración propia.

4.4. Evaluación de capacitaciones

Para garantizar y valorar la efectividad y la eficiencia de los esfuerzos de la capacitación se desarrolla un proceso sistemático de evaluación de capacitaciones, el cual consiste en evaluar al participante sobre lo aprendido en el entrenamiento recibido. Además, se busca con ello tomar un diagnóstico del colaborador al cumplirse un año de seguir el entrenamiento, esto para ver la necesidad de volverlo a impartir, y reforzar los conocimientos y habilidades conforme pasa el tiempo.

Para ello, se debe realizar la evaluación correspondiente de acuerdo con los siguientes tipos de evaluación: listas de asistencia (confirmación de asistencia y participación) y examen (preguntas sobre los conceptos aprendidos). Según el tipo de evaluación se desarrollaron los siguientes formatos.

Figura 50. **Formato para lista de asistencia**

OLMECA® Lista de asistencia

Nombre del Entrenamiento: _____

Código del Entrenamiento: _____

Nombre de Entrenador(es): _____

Fecha: _____

Duración:

Participantes		
Nombre empleado	**Puesto**	**Firma**

Firma del entrenador _____

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Formato para examen**

OLMECA	Examen				
Entrenamiento:				**Código:**	
Nombre del empleado:				**No. de Empleado:**	
Entrenador:		**Nota:**		**Fecha:**	
Examen realizado por:		**Elaborado en:**		**Revisado en:**	
Área de conocimientos/habilidades:				Pagina 1 de 1	

Instrucciones: Consteste las siguientes preguntas o subraye la respuesta correcta. (preguntas de respuesta múltiples o de falso y verdadero)

Pregunta 1.

Pregunta 2.

Pregunta 3.

Pregunta 4.

Pregunta 5.

Formato realizado por :	Rolando Mérida	**Fecha de elaboración:**	18-Feb-14
Formato revisado por:	Recursos Humanos	**Próxima revisión:**	18-Feb-15

Fuente: elaboración propia.

Luego de tener definidos los formatos estandarizados como constancias de evaluación para las capacitaciones se procedió a impartir unas capacitaciones al personal del departamento de fabricación de plásticos sobre la metodología de Seis Sigma, buenas prácticas de manufactura y metodología 5'S. De ello, se desarrollaron algunos materiales de entrenamiento como apoyo a la capacitación y al aprendizaje continuo de los participantes, entre ellos, trifoliares y carteles informativos. Como ejemplo se presenta un trifoliar y un cartel informativo de la metodología 5'S impartida.

Figura 52. **Trifoliar de inducción a 5'S**

OLMECA®

PROGRAMA 5'S

Las 5's es una metodología de origen japonés impulsada por la JUSE como parte del movimiento de mejora de la calidad de ese país. Las 5's están orientadas a mejorar los ambientes de trabajo y a crear hábitos de calidad en las personas, se centra en la eliminación de perdidas de espacio, tiempo, movimientos, entre otros, creando ambientes seguros, saludables, agradables y productivos.

Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

1. Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados
2. Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos
3. Mayor calidad
4. Tiempos de respuesta más cortos
5. Genera cultura organizacional

SEIRI - CLASIFICAR DESECHAR LO QUE NO SE NECESITA

Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor.

El Seiri consiste en:

1. Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
2. Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
3. Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo
4. Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
5. Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
6. Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden conducir a averías.

SEITON - ORDENAR UN LUGAR PARA CADA COSA Y CADA COSA EN SU LUGAR

Seiton consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Aplicar Seiton en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

SEISO - LIMPIAR EL SITIO DE TRABAJO Y LOS EQUIPOS Y PREVENIR LA SUCIEDAD Y EL DESORDEN

Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM, Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de FUGUAI. Esta palabra japonesa significa defecto o problema existente en el sistema productivo.

SEIKETSU - ESTANDARIZAR PRESERVAR ALTOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA

Seiketsu es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones.

OLMECA® Light

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Cartel informativo sobre las 5'S**

Fuente: elaboración propia.

Luego de impartir las capacitaciones al personal se procedió a realizar las evaluaciones para garantizar el aprendizaje, por lo que se presentan las constancias de evaluación, tanto las listas de asistencia como los exámenes.

Figura 54. **Lista de asistencia de la capacitación de inducción a Seis Sigma**

OLMECA

Planta Fraijanes

Listado de Asistencia

Nombre del Entrenamiento: Inducción Seis Sigma
Código del Entrenamiento: 17
Nombre de Entrenador(es): Rolando Merida
Fecha: 20/03/2014
Duración: 1 hora.

Participantes

Nombre Empleado	Puesto	Firma
Carlos fernando Santiago	operador	
Ermer Manuel Alvarez	ayudante	
Salvin Lopez	Operador	
Otto Santos	operador	
Benedicto Lopez	ayudante	
Abel Xol	operador	
Joel Mejangos	OPERADOR	
Oscar Dávila	operador	
Maria Cristina Soto	Limpieza	
Julio Arias	operador	
Jose Flores Trigueros	operador	
Kevin Segura	limpieza	
Carlos Santos B.	Supervisor	
David Lorenzana	operador	

Firma del Entrenador

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Examen de la capacitación de inducción a Seis Sigma**

OLMECA

Planta Fraijanes

Examen

Entrenamiento:	Inducción a Seis Sigma			**Codigo entto:**	11
Nombre del empleado:	Jose Flores Trejo			**# de Empleado:**	107
Entrenador:	Rolando Mérida		**Nota:** 83.	**Fecha:**	20/03/14
Examen realizado por:	Rolando Mérida	Elaborado en:	6/03/14	Revisado en:	6/03/15
Área de Conocimientos/Habilidades:	Control de Calidad			Pagina 1 de 1	

Instrucciones: Consteste las siguientes preguntas o subraye la respuesta correcta. (preguntas de respuesta múltiples o de falso y verdadero)

Pregunta 1.
Qué es Seis Sigma?

Es una herramienta que busca eliminar los defectos

Pregunta 2.
Qué beneficios aporta el Seis Sigma?

Reducir la variación de los defectos que hacemos.

Pregunta 3.
Qué significa el término Sigma?

X

Pregunta 4.
Cuáles son los pasos de la metodología Seis Sigma?

Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Pregunta 5.
Describa en que consiste el paso de Mejorar?

Optimizar recursos.

Pregunta 6.
Describa en que consiste el paso de Controlar?

Mantener las ganancias logradas.

Pregunta 7.
Qué soporte requiere de la alta dirección para apoyar la implementación de la metodología Seis Sigma?

Compromiso de arriba hacia abajo.

Formato realizado por :	Rolando Mérida	**Fecha de elaboración:**	18-feb-14
Formato revisado por:	Recursos Humanos	**Próxima revisión:**	18-feb-15

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Lista de asistencia de la capacitación de buenas prácticas de manufactura**

OLMECA

Planta Fraijanes

Listado de Asistencia

Nombre del Entrenamiento: Buenas Prácticas de Manufactura
Código del Entrenamiento: 3
Nombre de Entrenador(es): Rolando Mérida
Fecha: 19/03/2014
Duración: 1 hora.

Participantes

Nombre Empleado	Puesto	Firma
Hector Hernandez	Ayudante	
Miguel Aguilar	operador	
Geron Zacarias Ramos	Limpeza	
Jose Wilberto Ibar	ayudante	
Wilver Alvarez	Ayudante	
Luis Antonio Rosales	Bodeguero	
Dodoro Silvasquez	Operador	
Oscar Perez	Ayudante	
Hermimio Barrera	ayudante	
Alex Rodriguez	Operador	
Wilian Armando Lopez	operador	
Pardo Deonicio	Supervisor	

Firma del Entrenador

Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Examen de la capacitación de buenas prácticas de manufactura**

OLMECA

Planta Fraijanes

Examen

Entrenamiento:	Buenas Prácticas de Manufactura	**Codigo entto:**	3
Nombre del empleado:	William Armando Lopez	**# de Empleado:**	337
Entrenador:	Rolando Mérida **Nota:** 100	**Fecha:**	19/03/14
Examen realizado por:	Rolando Mérida Elaborado en: 10/02/14	Revisado en:	10/02/15
Área de Conocimientos/Habilidades:	Control de Calidad	Pagina 1 de 1	

Instrucciones: Consteste las siguientes preguntas o subraye la respuesta correcta. (preguntas de respuesta múltiples o de falso y verdadero)

Pregunta 1.
Qué son las buenas prácticas de manufactura?
Son normas para obtener productos seguros para el consumo humano

Pregunta 2.
Mencione la importancia de implementar las buenas prácticas de manufactura en la planta?
Forma parte del sistema de gestión de calidad para la certificación

Pregunta 3.
Qué es inocuidad?
Es cuando los alimentos son adecuados para la salud del consumidor

Pregunta 4.
Describa una norma de buenas prácticas de manufactura que debe seguir relacionado a sanitización de la planta?
Lavarse las manos

Pregunta 5.
Describa una norma de buenas prácticas de manufactura que debe seguir relacionado a instalaciones de la planta?
Control de Plagas

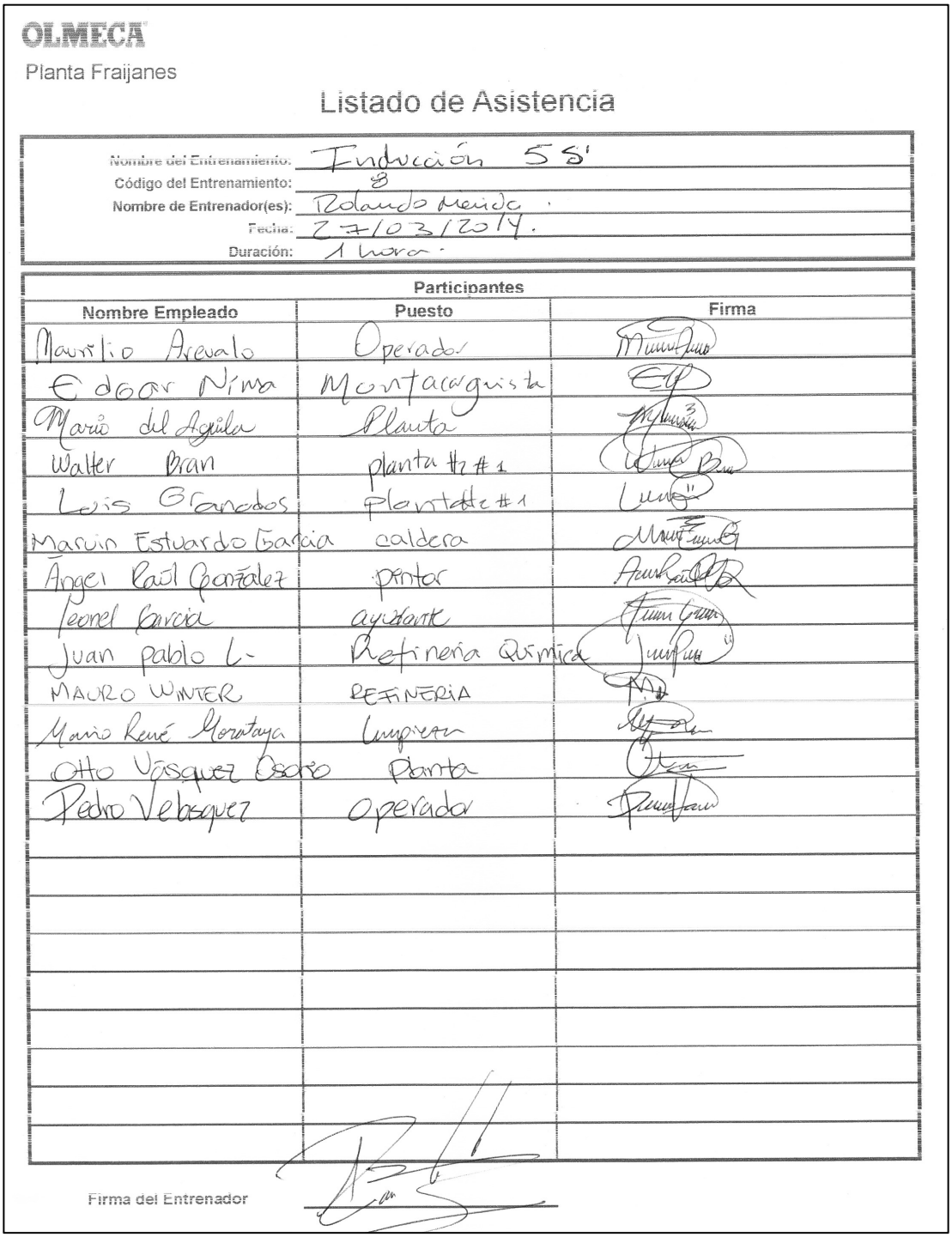
Pregunta 6.
Describa una norma de buenas prácticas de manufactura que debe seguir relacionado al manejo de alimentos?
Usar redilla

Pregunta 7.
Mencione con sus propias palabras el beneficio de las buenas prácticas de manufactura en su área de trabajo?
Cuando se cuida el alimento para no contaminarlo

Formato realizado por :	Rolando Mérida	**Fecha de elaboración:**	18-feb-14
Formato revisado por:	Recursos Humanos	**Próxima revisión:**	18-feb-15

Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Lista de asistencia de la capacitación de inducción a 5'S**



OLMECA

Planta Fraijanes

Listado de Asistencia

Nombre del Entrenamiento: Inducción 5 S'
Código del Entrenamiento: 8
Nombre de Entrenador(es): Rolando Merido.
Fecha: 27/03/2014.
Duración: 1 hora.

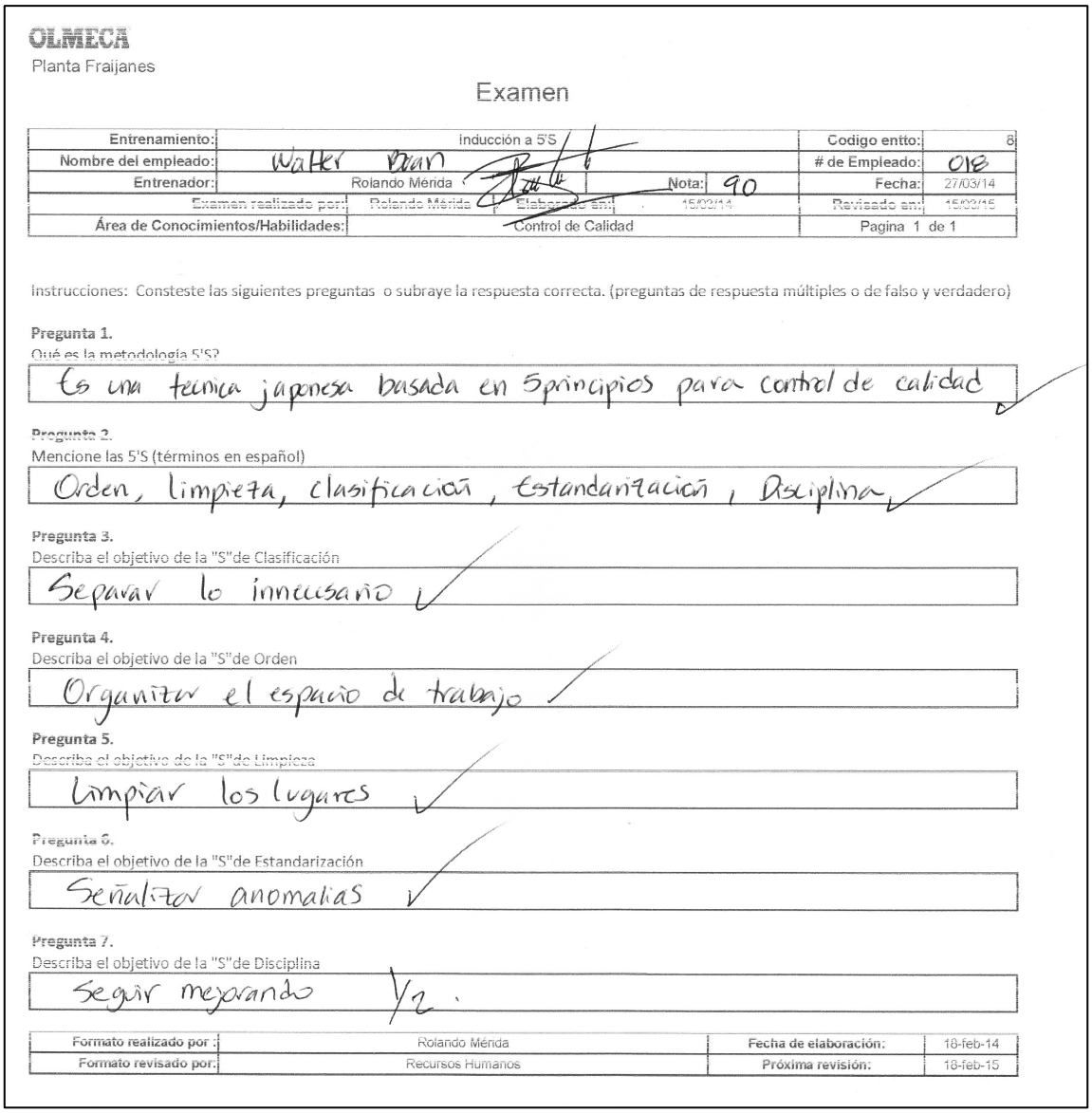
Participantes

Nombre Empleado	Puesto	Firma
Mauricio Arevalo	Operador	
Edgar Nima	Montacarguista	
Mario del Aguila	Planta	
Walter Bran	planta #2 #1	
Luis Granados	planta #1	
Marvin Estuardo Garcia	caldera	
Angel Raul Gonzalez	pintor	
Leonel Garcia	ayudante	
Juan pablo L-	Refineria Química	
MAURO WINTER	REFINERIA	
Mario René Morataya	Limpieza	
Otto Vasquez Osorio	Planta	
Pedro Velasquez	Operador	

Firma del Entrenador

Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Examen de la capacitación de inducción a 5'S**



OLMECA
Planta Fraijanes

Examen

Entrenamiento:	Inducción a 5'S			Codigo entto:	8
Nombre del empleado:	Walter Juan			# de Empleado:	018
Entrenador:	Rolando Mérida		Nota: 90	Fecha:	27/03/14
Examen realizado por:	Rolando Mérida	Elaborado en:	15/03/14	Revisado en:	15/03/15
Área de Conocimientos/Habilidades:	Control de Calidad			Pagina 1 de 1	

Instrucciones: Consteste las siguientes preguntas o subraye la respuesta correcta. (preguntas de respuesta múltiples o de falso y verdadero)

Pregunta 1.
Qué es la metodología 5'S?
Es una tecnica japonesa basada en 5principios para control de calidad

Pregunta 2.
Mencione las 5'S (términos en español)
Orden, limpieza, clasificación, Estandarización, Disciplina

Pregunta 3.
Describa el objetivo de la "S"de Clasificación
Separar lo innecesario

Pregunta 4.
Describa el objetivo de la "S"de Orden
Organizar el espacio de trabajo

Pregunta 5.
Describa el objetivo de la "S"de Limpieza
Limpiar los lugares

Pregunta 6.
Describa el objetivo de la "S"de Estandarización
Señalizar anomalias

Pregunta 7.
Describa el objetivo de la "S"de Disciplina
Seguir mejorando 1/2.

Formato realizado por :	Rolando Mérida	Fecha de elaboración:	18-feb-14
Formato revisado por:	Recursos Humanos	Próxima revisión:	18-feb-15

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se logró incrementar a 0,30 puntos en nivel sigma y se obtuvo un indicador del incremento en la productividad en 1,47 en mayo para el proceso de fabricación de envase plástico PET en la empresa Olmeca S.A.

2. Se consiguió reducir pérdidas por unidades defectuosas a través de la metodología de Seis Sigma, en un nivel sigma al 3,24 en comparación con el nivel sigma anterior que fue de 2,95.

3. Con la aplicación de los cinco pasos de la metodología Seis Sigma se logró identificar e implementar mejoras al proceso de fabricación.

4. Se establecieron e implementaron mejoras al proceso de fabricación según los controles de operación, mantenimiento y aseguramiento de calidad.

5. Se alcanzó el nivel sigma 3,24 de acuerdo con las mejoras implementadas para el proceso de fabricación, garantizando el incremento en la productividad.

6. Como parte de la fase de investigación, se estableció una propuesta de ahorro de energía para el departamento de fabricación de plásticos PET.

7. Como parte de la fase de docencia, se implementó un programa de capacitación para el personal del departamento.

RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento a las propuestas de mejoras definidas para su revisión y autorización de implementación en el departamento de fabricación de plásticos PET.

2. Dar seguimiento y control a los resultados del nivel Seis Sigma de forma mensual para garantizar el método sistemático de mejora continua.

3. Retomar la aplicación de la metodología de Seis Sigma, por medio de las cinco fases de mejora continua DMAIC, definir, medir, analizar, mejorar y controlar, para asegurar que los resultados deseados se alcancen, a través de sistemas de control de procesos que conlleven al incremento de mejoras continuas.

4. Capacitar a todos los jefes de producción, calidad y mantenimiento de otros departamentos, sobre la metodología de Seis Sigma, con el propósito de aportar nuevas ideas de mejora para lograr con esto innovaciones continuas en la organización y alcanzar así un incremento en la productividad de Olmeca S.A.

5. Realizar estudios más frecuentes sobre el consumo energético en el área de fabricación de envase plástico, por parte del encargado de seguridad industrial, para controlar el consumo de los equipos, dar seguimiento al ahorro energético y contribuir al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. BERNAL, Jorge. PDCA Home, *Análisis DAFO: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades – ¿Qué es y cuándo aplicarlo? Definición y ejemplos.* [en línea]. <http://www.pdcahome.com/6506/analisis-dafo-debilidades-amenazas-fortalezas-y-oportunidades/>. [Consulta: noviembre 2010].

2. Centro de ahorro y eficiencia energética de Madrid. *Guía de ahorro energético en instalaciones industriales.* Madrid, 2006. 138 p.

3. COLOMO GUTIÉRREZ, Amanda. *Mejora y estandarización del proceso de producción en una nueva empresa productora de envases plásticos.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Mariano Gálvez, Guatemala, 2009. 205 p.

4. GUTIÉRREZ, Humberto. DE LA VARA, Román. *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma.* 2a ed. México: Mc Graw Hill, 2004. 548 p.

5. Ingeniería Industrial Online, *Indicadores de los sistemas de producción.* [en línea].<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producción/indicadores-de-producción/>. [Consulta: noviembre 2012].

6. LOZANO, RUBIO Y SARRIA. *Guía sobre lámparas de descarga de alta intensidad.* Colombia: s.e., 2007. 76 p.

7. MARQUEZ RAMÍREZ, Silvana. *Mejoramiento de la producción en una planta productora de preformas y envases de PET.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Ecuatoriana, Ecuador, septiembre 2008. p. 129.

8. Olmeca, S.A. *Datos de planeación estratégica, producción, defectos, desperdicios, materia prima y maquinaria.* Departamento de Fabricación de Envases Plásticos PET, Olmeca S.A. [en línea]. <http://www.olmeca.net/nosotros.html#topot>. [Consulta: febrero 2013].

9. PHILIP, Crosby. *Quality is free.* New York: Mc Graw Hill, 1979.

10. PORTILLO, Ruddy y QUINTANILLA, Gustavo. *Propuesta de aplicación de la filosofía Seis Sigma a las empresas certificadas ISO 9000 y orientadas al procesamiento de plásticos.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco, El Salvador, 2004. p. 156.

11. Textos científicos, *Proceso de inyección y soplado de polímeros.* [en línea]. <http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado.> [Consulta: octubre 2013].